

ANEXO 01

**ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART),
CADASTRO TÉCNICO FEDERAL (CTF) NO IBAMA E
CADASTRO TÉCNICO DE ATIVIDADE DE DEFESA
AMBIENTAL (CTDAM)**



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PA

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PA20220783892

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Pará

INICIAL

1. Responsável Técnico

PAULO HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS

Título profissional: **GEÓLOGO**

RNP: **2602412481**

Registro: **SN PA**

Empresa contratada: **ERM BRASIL LTDA**

Registro: **000008938-PA**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Vale S.A.**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0150-03**

ALAMEDA OSCAR NIEMEYER

Nº: **132**

Complemento:

Bairro: **VALE DO SERENO**

Cidade: **NOVA LIMA**

UF: **MG**

CEP: **34006049**

Contrato: **5500071936**

Celebrado em: **28/06/2020**

Valor: **R\$ 249.887,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **NENHUMA - NAO OPTANTE**

3. Dados da Obra/Serviço

ESTRADA IGARAPE BAHIA

Nº: **54**

Complemento: **KM ESTRADA DO POJUCA**

Bairro: **SERRA DOS CARAJAS**

Cidade: **PARAUBAPEBAS**

UF: **PA**

CEP: **68516000**

Data de Início: **29/05/2022**

Previsão de término: **28/08/2022**

Coordenadas Geográficas: **2.046362, 4.810081**

Finalidade: **Ambiental**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Vale S.A.**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0161-58**

4. Atividade Técnica

4 - CONSULTORIA

Quantidade

Unidade

313 - Ambiental > MEIO AMBIENTE - ÁGUA, ESGOTO, ATIVIDADES DE GESTÃO DE RESÍDUOS
 E DESCONTAMINAÇÃO > ATIVIDADES RELACIONADAS A ÁGUA, ESGOTO E RESÍDUOS > #461
 - MEIO AMBIENTE

1,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

WO0594111 - Elaboração e atualização do Plano Básico Ambiental (PBA) da Mina do Alemão.

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro que estou cumprindo as regras de colocação e manutenção de placa legível e visível ao público enquanto durar a execução da obra, instalação e serviços, conforme estabelecido no artigo 16 da lei federal 5.194/66.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PA, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

NENHUMA - NAO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

PAULO HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS - CPF: 260.374.788-64

Belém, **08** de **Julho** de **2022**

Local

data

Vale S.A. - CNPJ: 33.592.510/0150-03

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 233,94**

Registrada em: **08/07/2022**

Valor pago: **R\$ 233,94**

Nosso Número: **7998131**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pa.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 83dad

Impresso em: 13/07/2022 às 13:54:48 por: , ip: 147.161.129.71



PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/9A49-9919-E11A-90B3> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/9A49-9919-E11A-90B3> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: 9A49-9919-E11A-90B3



Hash do Documento

BB8C02EEEEADA6CF2E4DA957CB43163F21445EFF0D9C42920E781FE92653528D

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 26/07/2022 é(são) :

- FREDERICO BOMTEMPO GOMES (Signatário - Projeto Alemão) - 014.847.056-45 em 22/07/2022 09:52 UTC-03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Identificação: Por email: frederico.gomes@vale.com

Evidências

Client Timestamp Fri Jul 22 2022 09:52:49 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

Geolocation Latitude: -19.8909 Longitude: -43.9664 Accuracy: 8515

IP 186.206.254.126

Hash Evidências:

B9EEBF5BA4BBB547E391B4E8131127B51F174069EAA4235520965429910176B8





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PA

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PA20220791497

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Pará

INICIAL
 EQUIPE à PA20220783892

1. Responsável Técnico

MARINA MAYA MARCHIORETTO

Título profissional: **ENGENHEIRA CIVIL**

RNP: **2001327110**

Registro: **SN PA**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Vale S.A.**

ALAMEDA OSCAR NIEMEYER

Complemento:

Cidade: **NOVA LIMA**

Bairro: **VALE DO SERENO**

UF: **MG**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0150-03**

Nº: **132**

CEP: **34006049**

ART Vinculada: **PA20220783892**

Contrato: **5500071936**

Celebrado em: **28/06/2020**

Valor: **R\$ 249.887,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **NENHUMA - NAO OPTANTE**

3. Dados da Obra/Serviço

ESTRADA IGARAPE BAHIA

Nº: **54**

Complemento: **KM ESTRADA DO POJUCA**

Bairro: **SERRA DOS CARAJAS**

Cidade: **PARAUBAPEBAS**

UF: **PA**

CEP: **68516000**

Data de Início: **29/05/2022**

Previsão de término: **28/08/2022**

Coordenadas Geográficas: **2.046362, 4.810081**

Finalidade: **Ambiental**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Vale S.A.**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0150-03**

4. Atividade Técnica

4 - CONSULTORIA

Quantidade

Unidade

313 - Ambiental > MEIO AMBIENTE - ATIVIDADES PROFISSIONAIS, CIENTÍFICAS E TÉCNICAS > ATIVIDADES GERAIS > #707 - RELATÓRIO DE CONTROLE AMBIENTAL - RCA

1,00

un

313 - Ambiental > MEIO AMBIENTE - ÁGUA, ESGOTO, ATIVIDADES DE GESTÃO DE RESÍDUOS E DESCONTAMINAÇÃO > ATIVIDADES RELACIONADAS A ÁGUA, ESGOTO E RESÍDUOS > #461 - MEIO AMBIENTE

1,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

WO0594111 - Elaboração e atualização do Plano Básico Ambiental (PBA) da Mina do Alemão. Coordenação da Equipe e do Projeto.

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro que estou cumprindo as regras de colocação e manutenção de placa legível e visível ao público enquanto durar a execução da obra, instalação e serviços, conforme estabelecido no artigo 16 da lei federal 5.194/66.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PA, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

NENHUMA - NAO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

MARINA MAYA MARCHIORETTO - CPF: 261.617.018-39

, **15** de **julho** de **2022**

Local

data

Vale S.A. - CNPJ: 33.592.510/0150-03

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 88,78**

Registrada em: **14/07/2022**

Valor pago: **R\$ 88,78**

Nosso Número: **8053332**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pa.sitac.com.br/publico/>, com a chave: zZz0B

Impresso em: 15/07/2022 às 17:06:29 por: , ip: 147.161.129.84



PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/1169-0A3C-1C4D-AEE3> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/1169-0A3C-1C4D-AEE3> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: 1169-0A3C-1C4D-AEE3



Hash do Documento

2553DC9077FDC8245C013D28633F1D618C3E7FB944F1985DF031E1DBC274998D

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 26/07/2022 é(são) :

- FREDERICO BOMTEMPO GOMES (Signatário - Projeto Alemão) - 014.847.056-45 em 22/07/2022 09:53 UTC-03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Identificação: Por email: frederico.gomes@vale.com

Evidências

Client Timestamp Fri Jul 22 2022 09:53:42 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

Geolocation Latitude: -19.8909 Longitude: -43.9664 Accuracy: 8515

IP 186.206.254.126

Hash Evidências:

48D82CA720BE16C3F3B431E93AB850C6D7B739A848806523549C6499118B8E72





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PA

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PA20220791379

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Pará

INICIAL
 EQUIPE à PA20220783892

1. Responsável Técnico

SUELY GERALDA DUARTE OLIVEIRA

Título profissional: **GEÓLOGA**

RNP: **1402958498**

Registro: **SN PA**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Vale S.A.**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0150-03**

ALAMEDA OSCAR NIEMEYER

Nº: **132**

Complemento:

Bairro: **VALE DO SERENO**

Cidade: **NOVA LIMA**

UF: **MG**

CEP: **34006049**

Contrato: **5500071936**

Celebrado em: **28/06/2020**

Valor: **R\$ 249.887,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **NENHUMA - NAO OPTANTE**

3. Dados da Obra/Serviço

ESTRADA IGARAPE BAHIA

Nº: **54**

Complemento: **KM ESTRADA DO POJUCA**

Bairro: **SERRA DOS CARAJAS**

Cidade: **PARAUBAPEBAS**

UF: **PA**

CEP: **68516000**

Data de Início: **28/06/2020**

Previsão de término: **28/08/2022**

Coordenadas Geográficas: **2.046362, 4.810081**

Finalidade: **Ambiental**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Vale S.A.**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0150-03**

4. Atividade Técnica

12 - ELABORAÇÃO

Quantidade

Unidade

313 - Ambiental > MEIO AMBIENTE - ÁGUA, ESGOTO, ATIVIDADES DE GESTÃO DE RESÍDUOS
 E DESCONTAMINAÇÃO > ATIVIDADES RELACIONADAS A ÁGUA, ESGOTO E RESÍDUOS > #461
 - MEIO AMBIENTE

1,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração e atualização do Plano Básico Ambiental - Atualização e apoio à coordenação

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro que estou cumprindo as regras de colocação e manutenção de placa legível e visível ao público enquanto durar a execução da obra, instalação e serviços, conforme estabelecido no artigo 16 da lei federal 5.194/66.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PA, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

NENHUMA - NAO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima


SUELY GERALDA DUARTE OLIVEIRA - CPF: 996.563.376-20

Belo Horizonte, 15 de **julho** de 2022

Local

data

Vale S.A. - CNPJ: 33.592.510/0150-03

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 88,78**

Registrada em: **14/07/2022**

Valor pago: **R\$ 88,78**

Nosso Número: **8053014**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pa.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 453w2

Impresso em: 15/07/2022 às 11:48:21 por: , ip: 165.225.214.131



PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/B751-8845-7218-9874> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/B751-8845-7218-9874> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: B751-8845-7218-9874



Hash do Documento

C58DDFAF2F85DE37532F5C7BCBA69D9CE86CBA0BCA7C152F63BEA1496CB0BD9C

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 26/07/2022 é(são) :

- FREDERICO BOMTEMPO GOMES (Signatário - Projeto Alemão) - 014.847.056-45 em 22/07/2022 09:54 UTC-03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Identificação: Por email: frederico.gomes@vale.com

Evidências

Client Timestamp Fri Jul 22 2022 09:54:06 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

Geolocation Latitude: -19.8909 Longitude: -43.9664 Accuracy: 8515

IP 186.206.254.126

Hash Evidências:

F4D7CA4627BE019B1950EBB48BCB86441C3E0E8892F7779375AD4396CDAC3FA2





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PA

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PA20220792797

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Pará

INICIAL
 EQUIPE à PA20220783892

1. Responsável Técnico

ANTONIO ELTON DA SILVA LIMA

Título profissional: **GEÓLOGO**

RNP: **2318837872**

Registro: **947285PA**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Vale S.A.**

ALAMEDA OSCAR NIEMEYER

Complemento:

Cidade: **NOVA LIMA**

Bairro: **VALE DO SERENO**

UF: **MG**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0150-03**

Nº: **132**

CEP: **34006049**

Contrato: **5500071936**

Celebrado em: **28/06/2020**

Valor: **R\$ 249.887,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **NENHUMA - NAO OPTANTE**

3. Dados da Obra/Serviço

ESTRADA IGARAPE BAHIA

Nº: **54**

Complemento: **KM ESTRADA DO POJUCA**

Bairro: **SERRA DOS CARAJAS**

Cidade: **PARAUBAPEBAS**

UF: **PA**

CEP: **68516000**

Data de Início: **28/06/2020**

Previsão de término: **28/08/2022**

Coordenadas Geográficas: **2.046362, 4.810081**

Finalidade: **Ambiental**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Vale S.A.**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0150-03**

4. Atividade Técnica

12 - ELABORAÇÃO

Quantidade

Unidade

313 - Ambiental > MEIO AMBIENTE - ÁGUA, ESGOTO, ATIVIDADES DE GESTÃO DE RESÍDUOS E DESCONTAMINAÇÃO > ATIVIDADES RELACIONADAS A ÁGUA, ESGOTO E RESÍDUOS > #461 - MEIO AMBIENTE

1,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração e atualização do Plano Básico Ambiental (PBA) da Mina do Alemão - Caracterização do Empreendimento e Meio Físico.

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro que estou cumprindo as regras de colocação e manutenção de placa legível e visível ao público enquanto durar a execução da obra, instalação e serviços, conforme estabelecido no artigo 16 da lei federal 5.194/66.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PA, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

NENHUMA - NAO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Antonio E. da Silva Lima
ANTONIO ELTON DA SILVA LIMA - CPF: 004.474.172-31

Campinas, **18** de **julho** de **2022**

Local

data

Vale S.A. - CNPJ: 33.592.510/0150-03

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 88,78**

Registrada em: **18/07/2022**

Valor pago: **R\$ 88,78**

Nosso Número: **8056476**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pa.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 7W35W

Impresso em: 18/07/2022 às 18:13:29 por: , ip: 147.161.129.107



PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/E12A-E6C3-8AEA-DFF0> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/E12A-E6C3-8AEA-DFF0> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: E12A-E6C3-8AEA-DFF0



Hash do Documento

AF7542A371D716796E7FF4A1B4D08C09A20C9D38122EC21A472B835D15464A23

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 26/07/2022 é(são) :

- FREDERICO BOMTEMPO GOMES (Signatário - Projeto Alemão) - 014.847.056-45 em 22/07/2022 09:53 UTC-03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Identificação: Por email: frederico.gomes@vale.com

Evidências

Client Timestamp Fri Jul 22 2022 09:53:09 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

Geolocation Latitude: -19.8909 Longitude: -43.9664 Accuracy: 8515

IP 186.206.254.126

Hash Evidências:

F86BEBE0D7D1E991D16609D5E9476AC53529BA05CCDB8EC0C91919F92CFD6BF0





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PA

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PA20220794253

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Pará

INICIAL
 EQUIPE à PA20220783892

1. Responsável Técnico

MARCOS EDGARDO SURINGAR

Título profissional: **ENGENHEIRO MECÂNICO**

RNP: **2604847922**

Registro: **SN PA**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Vale S.A.**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0150-03**

ALAMEDA OSCAR NIEMEYER

Nº: **132**

Complemento:

Bairro: **VALE DO SERENO**

Cidade: **NOVA LIMA**

UF: **MG**

CEP: **34006049**

Contrato: **WO0594111 - 5500071936**

Celebrado em: **26/06/2020**

Valor: **R\$ 249.887,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **NENHUMA - NAO OPTANTE**

3. Dados da Obra/Serviço

ESTRADA IGARAPE BAHIA

Nº: **54**

Complemento: **KM ESTRADA DO POJUCA**

Bairro: **SERRA DOS CARAJAS**

Cidade: **PARAUBAPEBAS**

UF: **PA**

CEP: **68516000**

Data de Início: **29/05/2022**

Previsão de término: **28/08/2022**

Coordenadas Geográficas: **2.046362, 4.810081**

Finalidade: **Ambiental**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Vale S.A.**

CPF/CNPJ: **33.592.510/0150-03**

4. Atividade Técnica

4 - CONSULTORIA

Quantidade

Unidade

13 - Coordenação > ATIVIDADES DE ROTINA > OUTRAS ATIVIDADES > #625 - SEM DESCRICAO

1,00

un

5. Observações

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

Elaboração e atualização do Plano Básico Ambiental (PBA) da Mina do Alemão - revisão dos Programas do Meio Físico: Qualidade do Ar e Ruído e Vibração.

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro que estou cumprindo as regras de colocação e manutenção de placa legível e visível ao público enquanto durar a execução da obra, instalação e serviços, conforme estabelecido no artigo 16 da lei federal 5.194/66.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PA, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

NENHUMA - NAO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

MARCOS EDGARDO SURINGAR - CPF: 254.747.808-00

São Paulo, 21 de Julho de 2022

Local

data

Vale S.A. - CNPJ: 33.592.510/0150-03

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 88,78**

Registrada em: **20/07/2022**

Valor pago: **R\$ 88,78**

Nosso Número: **8059577**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pa.sitac.com.br/publico/>, com a chave: z3456

Impresso em: 21/07/2022 às 12:44:22 por: , ip: 147.161.129.75



PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/C0A4-AEDB-3952-FEDF> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/C0A4-AEDB-3952-FEDF> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: C0A4-AEDB-3952-FEDF



Hash do Documento

5042C8257AA90A12848CA5DE1D09C2744C857DB3DA453435BBEA32BB3F025F14

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 26/07/2022 é(são) :

- FREDERICO BOMTEMPO GOMES (Signatário - Projeto Alemão) - 014.847.056-45 em 22/07/2022 09:53 UTC-03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Identificação: Por email: frederico.gomes@vale.com

Evidências

Client Timestamp Fri Jul 22 2022 09:53:23 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

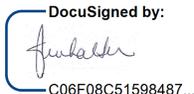
Geolocation Latitude: -19.8909 Longitude: -43.9664 Accuracy: 8515

IP 186.206.254.126

Hash Evidências:

540F5AD9FCB0184E3A755783743C0DD4A9BFA1C467B288D54DF4AB0E5AC30F01



Serviço Público Federal			
CONSELHO FEDERAL/CRBIO - CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA			
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART			1-ART Nº: 2022/06948
CONTRATADO			
2.Nome: CAROLINA TOLEDO ANDREU		3.Registro no CRBio: 082438/01-D	
4.CPF: 332.195.178-97	5.E-mail: caroltandreu@gmail.com		6.Tel: (11)4425-1392
7.End.: DINO BUENO 321		8.Compl.:	
9.Bairro: VILA SCARPELLI	10.Cidade: SANTO ANDRE	11.UF: SP	12.CEP: 09050-440
CONTRATANTE			
13.Nome: ERM BRASIL			
14.Registro Profissional:		15.CPF / CGC / CNPJ: 65.456.832/0001-62	
16.End.: AVENIDA ENGENHEIRO LUIZ CARLOS BERRINI 105			
17.Compl.: CONJ. 171		18.Bairro: CIDADE MONCOES	19.Cidade: SAO PAULO
20.UF: SP	21.CEP: 04571-010	22.E-mail/Site: www.erm.com	
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
23.Natureza : 1. Prestação de serviço Atividade(s) Realizada(s) : Proposição de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços; Realização de consultorias/assessorias técnicas;			
24.Identificação : PLANO BÁSICO AMBIENTAL – PBA DO PROJETO ALEMÃO, PARAUAPEBAS, PA.			
25.Município de Realização do Trabalho: SAO PAULO			26.UF: SP
27.Forma de participação: EQUIPE		28.Perfil da equipe: BIÓLOGO	
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia; Zoologia;		30.Campo de Atuação: Meio Ambiente	
31.Descrição sumária : PARTICIPAÇÃO NA REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DOS IMPACTOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS DO MEIO BIÓTICO			
32.Valor: R\$ 0,00	33.Total de horas: 100	34.Início: JUN/2022	35.Término: SET/2022
36. ASSINATURAS			37. LOGO DO CRBio
Declaro serem verdadeiras as informações acima			 CRBio-01
Data: 14/07/2022	Data: 14/07/2022		
Assinatura do Profissional	Assinatura e Carimbo do Contratante		
DocuSigned by:  2E741E9992FF4E...	DocuSigned by:  C06F08C51598487...		
38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO		39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO	
Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.			
Data: 14/09/2022	Assinatura do Profissional	Data: / /	Assinatura do Profissional
	DocuSigned by:  Assinatura e Carimbo do Contratante		
Data: 14/09/2022	Assinatura e Carimbo do Contratante	Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante
	DocuSigned by:  C06F08C51598487...		

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS
NÚMERO DE CONTROLE: 6796.8678.9933.1876

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio01.org.br

Serviço Público Federal			
CONSELHO FEDERAL/CRBIO - CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA			
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART			1-ART Nº: 2022/07557
CONTRATADO			
2.Nome: GUILHERME HENRIQUE DE AGUIRRE		3.Registro no CRBio: 056169/01-D	
4.CPF: 047.658.286-54	5.E-mail: aguirregh@gmail.com		6.Tel: (19)3289-4183
7.End.: HELENITA APARECIDA BASSAN DE SA 802		8.Compl.:	
9.Bairro: BOSQUE DE BARAO GERA	10.Cidade: CAMPINAS	11.UF: SP	12.CEP: 13082-754
CONTRATANTE			
13.Nome: ERM BRASIL			
14.Registro Profissional: -		15.CPF / CGC / CNPJ: 65.456.832/0001-62	
16.End.: AVENIDA ENGENHEIRO LUIZ CARLOS BERRINI 105			
17.Compl.: CONJ 171		18.Bairro: CIDADE MONCOES	19.Cidade: SAO PAULO
20.UF: SP	21.CEP: 04571-010	22.E-mail/Site: - / www.erm.com	
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
23.Natureza : 1. Prestação de serviço Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas;			
24.Identificação : FAUNA E FLORA - PROGRAMA BÁSICO AMBIENTAL DA MINA DO ALEMÃO			
25.Município de Realização do Trabalho: SAO PAULO			26.UF: SP
27.Forma de participação: EQUIPE		28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS, ENGENHEIROS, GEÓLOGOS	
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia; Zoologia;		30.Campo de Atuação: Meio Ambiente	
31.Descrição sumária : COORDENADOR DO MEIO BIÓTICO - ATUALIZAÇÃO DO PLANO BÁSICO AMBIENTAL DA MINA DO ALEMÃO, VALE, INCLUINDO A REAVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E ADEQUAÇÃO DOS PROGRAMAS ANTERIORMENTE PROPOSTOS NO PROCESSO DE LICENCIAMENTO, RELACIONADOS A FAUNA E FLORA.			
32.Valor: R\$ 10.000,00	33.Total de horas: 100	34.Início: JUN/2022	35.Término: SET/2022
36. ASSINATURAS			37. LOGO DO CRBIO
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
Data: Assinatura do Profissional 	Data: Assinatura e Carimbo do Contratante  Elizabeth Penhalber ERM Brasil Ltda		
38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.		39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO	
Data: / /	Assinatura do Profissional	Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS
NÚMERO DE CONTROLE: 1372.2255.3196.3823

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio01.org.br



CADASTRO TÉCNICO FEDERAL
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR

Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
5488303	07/07/2022	07/07/2022	07/10/2022

Dados básicos:

CPF: 260.374.788-64
Nome: PAULO HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS

Endereço:

logradouro: AV, BOSQUE DA SAÚDE, 834, APARTAMENTO 63
N.º: 834 Complemento: APARTAMENTO
Bairro: SAÚDE Município: SAO PAULO
CEP: 04142-081 UF: SP

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2134-05	Geólogo	Prestar assessoria e consultoria

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

Chave de autenticação	ZG6DNECQ434V3GCE
------------------------------	------------------



**CADASTRO TÉCNICO FEDERAL DE ATIVIDADES E
INSTRUMENTOS DE DEFESA AMBIENTAL**

COMPROVANTE DE INSCRIÇÃO

Data de última atualização:	13/07/2022	Data de validade:	13/07/2024
CPF: 004.474.172-31			
NOME: ANTONIO ELTON DA SILVA LIMA			
LOGRADOURO: RUA HERMANTINO COELHO			
N.º: 841	COMPLEMENTO: APT 24 BLOCO B		
MUNICÍPIO: CAMPINAS		UF: SAO PAULO	
Ocupações e áreas de atividades declaradas:			
Geólogo			
Prestar assessoria e consultoria			
14/12/2020			

TERMOS DA INSCRIÇÃO NO CTF/AIDA

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

A inscrição no CTF/AIDA não desobriga a pessoa física da obtenção de:

- i) licenças, autorizações, permissões, concessões, ou alvarás;
- ii) documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional;
- iii) demais documentos exigíveis por órgãos e entidades federais, distritais, estaduais e municipais para o exercício de suas atividades; e
- iv) do Comprovante de Inscrição e do Certificado de Regularidade emitidos pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais - CTF/APP, quando esses também forem exigíveis.

O Comprovante de Inscrição no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.



CADASTRO TÉCNICO FEDERAL
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR

Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
1905892	27/07/2022	27/07/2022	27/10/2022

Dados básicos:

CPF: 047.658.286-54

Nome: GUILHERME HENRIQUE DE AGUIRRE

Endereço:

logradouro: RUA BARRETO LEME

N.º: 1661 Complemento: AP 21

Bairro: CENTRO Município: CAMPINAS

CEP: 13010-201 UF: SP

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

Chave de autenticação	AC2W9LFQE26X39C6
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
**CADASTRO TÉCNICO FEDERAL DE ATIVIDADES E
INSTRUMENTOS DE DEFESA AMBIENTAL**



COMPROVANTE DE INSCRIÇÃO

Data de última atualização:	26/10/2018	Data de validade:	04/02/2024
CPF: 254.747.808-00			
NOME: MARCOS EDGARDO SURINGAR			
LOGRADOURO: RUA: PONTALINA			
N.º: 8	COMPLEMENTO: CASA		
MUNICÍPIO: SAO PAULO		UF: SAO PAULO	
Ocupações e áreas de atividades declaradas:			
Engenheiro Mecânico			
Elaborar documentação técnica			
13/12/2004			

TERMOS DA INSCRIÇÃO NO CTF/AIDA

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

A inscrição no CTF/AIDA não desobriga a pessoa física da obtenção de:

- i) licenças, autorizações, permissões, concessões, ou alvarás;
- ii) documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional;
- iii) demais documentos exigíveis por órgãos e entidades federais, distritais, estaduais e municipais para o exercício de suas atividades; e
- iv) do Comprovante de Inscrição e do Certificado de Regularidade emitidos pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais - CTF/APP, quando esses também forem exigíveis.

O Comprovante de Inscrição no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.



Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
**CADASTRO TÉCNICO FEDERAL DE ATIVIDADES E
INSTRUMENTOS DE DEFESA AMBIENTAL**



COMPROVANTE DE INSCRIÇÃO

Data de última atualização:	17/08/2020	Data de validade:	06/07/2024
CPF: 996.563.376-20			
NOME: SUELY GERALDA DUARTE OLIVEIRA			
LOGRADOURO: RUA ENGENHO DE DENTRO			
N.º: 822	COMPLEMENTO: APTO 302		
MUNICÍPIO: BELO HORIZONTE		UF: MINAS GERAIS	
Ocupações e áreas de atividades declaradas:			
Geólogo			
Prestar assessoria e consultoria			
01/01/2001			

TERMOS DA INSCRIÇÃO NO CTF/AIDA

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

A inscrição no CTF/AIDA não desobriga a pessoa física da obtenção de:

- i) licenças, autorizações, permissões, concessões, ou alvarás;
- ii) documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional;
- iii) demais documentos exigíveis por órgãos e entidades federais, distritais, estaduais e municipais para o exercício de suas atividades; e
- iv) do Comprovante de Inscrição e do Certificado de Regularidade emitidos pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais - CTF/APP, quando esses também forem exigíveis.

O Comprovante de Inscrição no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.



Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
**CADASTRO TÉCNICO FEDERAL DE ATIVIDADES E
INSTRUMENTOS DE DEFESA AMBIENTAL**



COMPROVANTE DE INSCRIÇÃO

Data de última atualização:	25/05/2015	Data de validade:	12/07/2024
CPF: 332.195.178-97			
NOME: CAROLINA TOLEDO ANDREU			
LOGRADOURO: RUA DINO BUENO			
N.º: 321	COMPLEMENTO:		
MUNICÍPIO: SANTO ANDRE		UF: SAO PAULO	
Ocupações e áreas de atividades declaradas:			
Biólogo			
Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental			
01/07/2014			

TERMOS DA INSCRIÇÃO NO CTF/AIDA

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

A inscrição no CTF/AIDA não desobriga a pessoa física da obtenção de:

- i) licenças, autorizações, permissões, concessões, ou alvarás;
- ii) documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional;
- iii) demais documentos exigíveis por órgãos e entidades federais, distritais, estaduais e municipais para o exercício de suas atividades; e
- iv) do Comprovante de Inscrição e do Certificado de Regularidade emitidos pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais - CTF/APP, quando esses também forem exigíveis.

O Comprovante de Inscrição no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS / PA

CERTIFICADO

CADASTRO TÉCNICO DE ATIVIDADE DE DEFESA AMBIENTAL - CTDAM

(Art 112 § 1º da Lei Estadual Nº 5.887 de 09 de maio de 1995)

Cadastro nº: 8346

Paulo Henrique Pereira dos Santos

CPF/CNPJ: **260.374.788-64**

Formação profissional: Geólogos e geofísicos

CREA: 5061276256-SP

Especialização: M.Sc. Tecnologia ambiental

Data de Emissão: 05/09/2017

Validade: 30/06/2023



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS / PA

CERTIFICADO

CADASTRO TÉCNICO DE ATIVIDADE DE DEFESA AMBIENTAL - CTDAM

(Art 112 § 1º da Lei Estadual Nº 5.887 de 09 de maio de 1995)

Cadastro nº: 12353

ANTONIO ELTON DA SILVA LIMA
CPF/CNPJ: **004.474.172-31**

Formação profissional: Geólogo

CREA: 15757 D-RO

Especialização: MESTRE EM GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

Data de Emissão: 14/07/2022

Validade: 14/07/2023



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS / PA

CERTIFICADO

CADASTRO TÉCNICO DE ATIVIDADE DE DEFESA AMBIENTAL - CTDAM

(Art 112 § 1º da Lei Estadual Nº 5.887 de 09 de maio de 1995)

Cadastro nº: 8278

Guilherme Henrique de Aguirre

CPF/CNPJ: **047.658.286-54**

Formação profissional: Pesquisadores das ciências biológicas

CRBio: 056169-01D

Especialização: Ecologia

Data de Emissão: 04/08/2017

Validade: 25/01/2023



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS / PA

CERTIFICADO

CADASTRO TÉCNICO DE ATIVIDADE DE DEFESA AMBIENTAL - CTDAM

(Art 112 § 1º da Lei Estadual Nº 5.887 de 09 de maio de 1995)

Cadastro nº: 12361

Tatiane Cristina Moraes de Sousa

CPF/CNPJ: 216.432.058-11

Formação profissional: Ecólogo

Sem Orgão de Classe

Especialização: Mestre e Doutorado em Saúde Pública

Data de Emissão: 14/07/2022

Validade: 14/07/2023



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS / PA

CERTIFICADO

CADASTRO TÉCNICO DE ATIVIDADE DE DEFESA AMBIENTAL - CTDAM

(Art 112 § 1º da Lei Estadual Nº 5.887 de 09 de maio de 1995)

Cadastro nº: 8265

Marcos Edgardo Suringar
CPF/CNPJ: 254.747.808-00

Formação profissional: Engenheiro mecânico industrial

CREA: 260484792-2

Especialização: meio ambiente

Data de Emissão: 03/08/2017

Validade: 01/07/2023



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS / PA

CERTIFICADO

CADASTRO TÉCNICO DE ATIVIDADE DE DEFESA AMBIENTAL - CTDAM

(Art 112 § 1º da Lei Estadual Nº 5.887 de 09 de maio de 1995)

Cadastro nº: 8281

Suely Geralda Duarte Oliveira
CPF/CNPJ: 996.563.376-20

Formação profissional: Geólogo

CREA: 78931

Especialização: Engenharia Ambiental

Data de Emissão: 07/08/2017

Validade: 31/01/2023

ANEXO 02

**REGISTRO FOTOGRÁFICO E STATUS DA ÁREA
PROPOSTA PARA OS ALOJAMENTOS VALE E
CONTRATADAS**

Registro fotográfico da condição em 2020 e *status* da área proposta para os Alojamentos Vale e Contratadas, incluindo edificações existentes que serão mantidas e reformadas.



Foto 1 – Módulo habitacional do Alojamento da Vale (desativado e demolido em 2021)



Foto 2 – Módulo habitacional do Alojamento da Vale (existente, em funcionamento)



Foto 3 – Quiosque / área de lazer (existente, em funcionamento)



Foto 4 – Platô do Alojamento da Vale



Foto 5 – Módulo habitacional do Alojamento da Vale (existente, em funcionamento)



Foto 6 – Platô do Alojamento da Vale



Foto 7 – Platô do Alojamento da Vale



Foto 8 – Platô do Alojamento da Vale



Foto 9 – Platô do Alojamento das empreiteiras, onde anteriormente existiram blocos habitacionais



Foto 10 – Platô do Alojamento das empreiteiras, onde anteriormente existiram blocos habitacionais. Detalhe da base de um dos blocos antigos já demolido



Foto 11 – Bloco habitacional do alojamento das empreiteiras (detalhe do forro do telhado)



Foto 12 – Antiga rodoviária do alojamento das contratadas, desativada e demolida em 2021



Foto 13 – Bloco habitacional a ser mantido/reformado



Foto 14 – Vista do interior do bloco habitacional a ser mantido/reformado



Foto 15 – Ginásio poliesportivo e campo de futebol a serem mantidos/reformados



Foto 16 – Quadra esportiva a ser mantida/reformada



Foto 17 – Restaurante a ser parcialmente mantido /reformado



Foto 18 – Vista do salão do restaurante a ser parcialmente mantido/reformado

ANEXO 03 RELATÓRIO DE IMPACTO DE TRÂNSITO (RIT)

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 2/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

ÍNDICE

ITEM	DESCRIÇÃO	PÁGINA
1.	APRESENTAÇÃO	3
2.	ÁREA DE ESTUDO	4
2.1.	SUBTRECHO 1	5
2.2.	SUBTRECHO 2	6
2.3.	SUBTRECHO 3	10
2.4.	SUBTRECHO 4	10
2.5.	SUBTRECHO 5	11
3.	INVENTÁRIO VIÁRIO	12
4.	CONTAGEM CLASSIFICADA VOLUMÉTRICA	17
5.	RESULTADOS DAS CONTAGENS DE VEÍCULO	34
6.	GERAÇÃO DE VIAGENS	36
7.	MICROSSIMULAÇÃO DE TRÁFEGO	39
8.	RESULTADOS DO CENÁRIO ATUAL	41
9.	RESULTADOS DO CENÁRIO FUTURO SEM INTERVENÇÃO	45
10.	RESULTADOS DO CENÁRIO FUTURO COM INTERVENÇÃO – PROPOSTA 1	46
11.	RESULTADOS DO CENÁRIO FUTURO COM INTERVENÇÃO – PROPOSTA 2	49
12.	ANÁLISE COMPARATIVA DE CENÁRIOS	52
13.	CONCLUSÕES	54
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
15.	ANEXO	58

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 3/58
			Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

1. APRESENTAÇÃO

A JM Souto engenharia e consultoria ltda, apresenta à Vale o Relatório de Impacto de Trânsito (RIT) que servirá de subsídio para o estudo de Viabilidade de Alteração do Percurso para o Projeto Alemão. Todo o trecho é localizado no município de Parauapebas/PA.

O objetivo do estudo é identificar possíveis gargalos das conexões da estrada da Apinha desde o início e o final da Mina Carajás.

Em razão da movimentação de veículos gerados pela mineradora é preciso garantir o bom funcionamento das interseções que dão acesso à mina em prol de não haver impactos à produtividade dela, assim o presente estudo visa justamente diagnosticar a operação dessas interseções.

A figura a seguir, exemplifica o trecho analisado e o enfoque maior para as estradas dentro da Mina de Carajás.



Figura 1.1 – Localização da Área de Estudo

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 4/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

2. ÁREA DE ESTUDO

O inventário viário segue pela estrada Águas Claras até as proximidades da portaria do Manganês do Azul. Este trecho situa-se em revestimento primário com extensão total de 47,7km. A partir deste ponto o percurso em rodovia já pavimentada pelos próximos 18km até adentrar a mina de Carajás.

Dentro da mina de Carajás há um percurso total de 10,5km. Saindo da mina de Carajás são mais 13,5 km na estrada da Apinha, que se trata de uma rodovia nova e em ótimas condições de tráfego. Por fim, após a estrada da Apinha, totalizando um percurso total de 95km. Este percurso se subdivide como mostrado a seguir:

- Subtrecho 1 - 5,3 km da portaria do Site Alemão até o início da estrada do Pojuca, trecho em revestimento primário;
- Subtrecho 2 - 47,7 km do trevo com a estrada do Pojuca até a interseção próximo a portaria do Manganês do Azul, trecho em revestimento primário;
- Subtrecho 3 - 18,0 km da interseção próxima a portaria do manganês do Azul até a Mina de Carajás, trecho pavimentado com revestimento asfáltico;
- Subtrecho 4 - 10,5 km na área interna na mina de Carajás, trecho em revestimento primário e também em revestimento asfáltico;
- Subtrecho 5 - 13,5 km estrada apinha, trecho pavimentado.

O foco deste trabalho é a simulação das condições operacionais do subtrecho 4 áreas interna da Mina de Carajás.

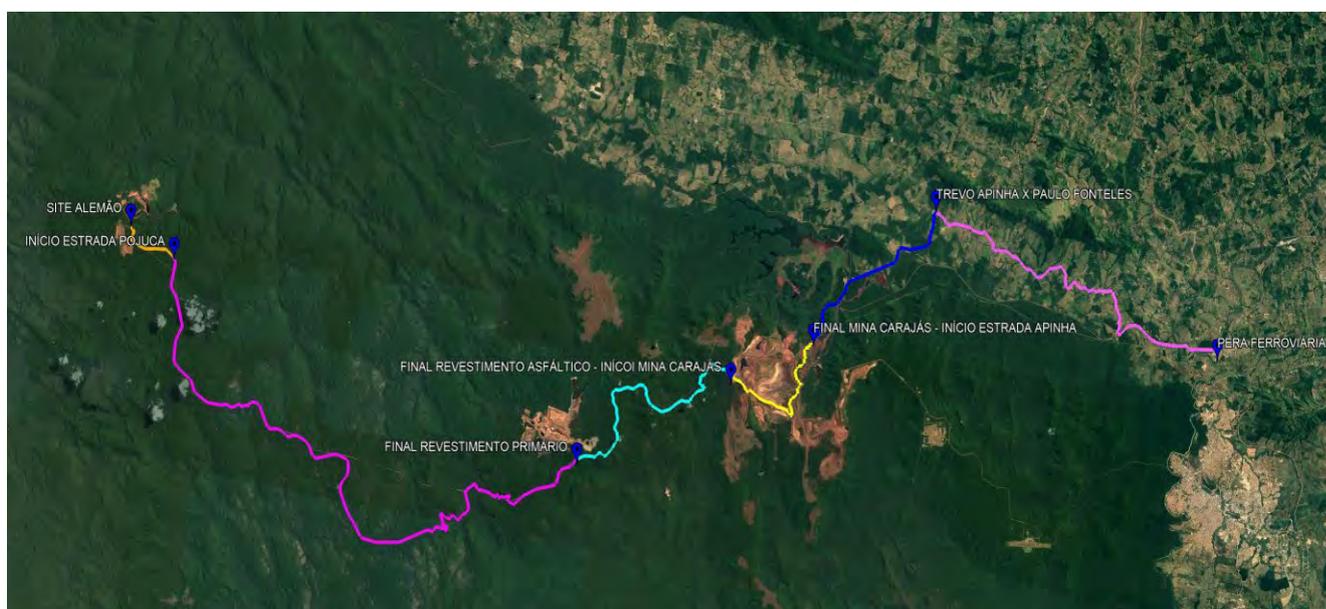


Figura 2.1 – Trecho Analisado

Para melhor entendimento desta alternativa serão abordados 6 subtrechos com suas principais características.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 5/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

2.1. SUBTRECHO 1

O Subtrecho 1 conforme descrito anteriormente, tem uma extensão total de 5,3km, e parte da portaria do Site Alemão até o entroncamento com a estrada do Pojuca.

Este trecho encontra-se em ótimas condições, onde apresenta boas características geométricas com traçado bem definido e sem necessidade de maiores intervenções.



Figura 2.2 – Subtrecho 1

Mesmo aproveitando o traçado da via existente, todo o restante da infraestrutura deverá ser executado, tais como pavimentação, drenagem superficial e profunda, sinalização dentre outras disciplinas que serão apresentadas detalhadamente no estudo do Capex.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 6/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

2.2. SUBTRECHO 2

Este Subtrecho trata-se de uma rodovia já existente denominada Estrada Águas Claras. É uma rodovia que atravessa regiões que vão de relevo plano à montanhoso. Suas características não se enquadram em nenhuma classe estabelecida pelo órgão regulamentador DNIT, tanto nas condições de largura da pista quanto na geometria vertical do traçado.

Como descrito acima temos o traçado deste subtrecho percorrendo regiões de topografia que vão de planas à montanhosas, e os primeiros 31km são de características planas e onduladas. Neste primeiro segmento pode-se observar em visita técnica in loco, que o traçado apresenta boas condições geométricas, cabendo ajuste da plataforma da pista, limpeza nas margens da rodovia e também correção de alguns taludes que se mostram perigosos para o acesso.

A figura a seguir mostra que apesar da região ser considerada de terreno montanhoso, o traçado neste segmento, percorre o topo da serra que tem condições de topografia plana à ondulada, que ocasionaram intervenções de menor complexidade neste intervalo.



Figura 2.3 – Região onde a Estrada Águas Claras atravessa topo de serra.

Entre os km 31 ao km 38 a estrada Águas Claras tem um segmento de descida contínua com rampas que chegam a até 12%.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 7/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

Apesar da característica bem sinuosa do traçado, não foram encontrados nenhum raio de curvatura com dimensão menor que 50,00metros cabendo apenas correções de afunilamento da plataforma.



Figura 2.4 – região de descida da Serra (7km) da Estrada Aguas Claras.

Por se tratar de um segmento em seção mista de terraplenagem, é previsto que estas correções da plataforma serão sempre no lado esquerdo da via onde temos a condição de corte. Esta condição se faz necessária devido as inclinações de talude típico (Corte 1,0m horizontal / 1,0m vertical e Aterro 1,5m horizontal / 1,0m vertical) que são adotadas na terraplenagem.

Em uma encosta se alargarmos a via para o lado do aterro, somente terá fim essa fatia de terraplenagem com o final da própria encosta ou com adoção de muros de contenção.

Para a simulação da correção deste intervalo, utilizamos restituição SRTM baixados do Site INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) onde pode-se observar bem como a encosta da descida da serra se comporta.

		CLASSIFICAÇÃO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		RESTRITO	Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 8/58
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0	

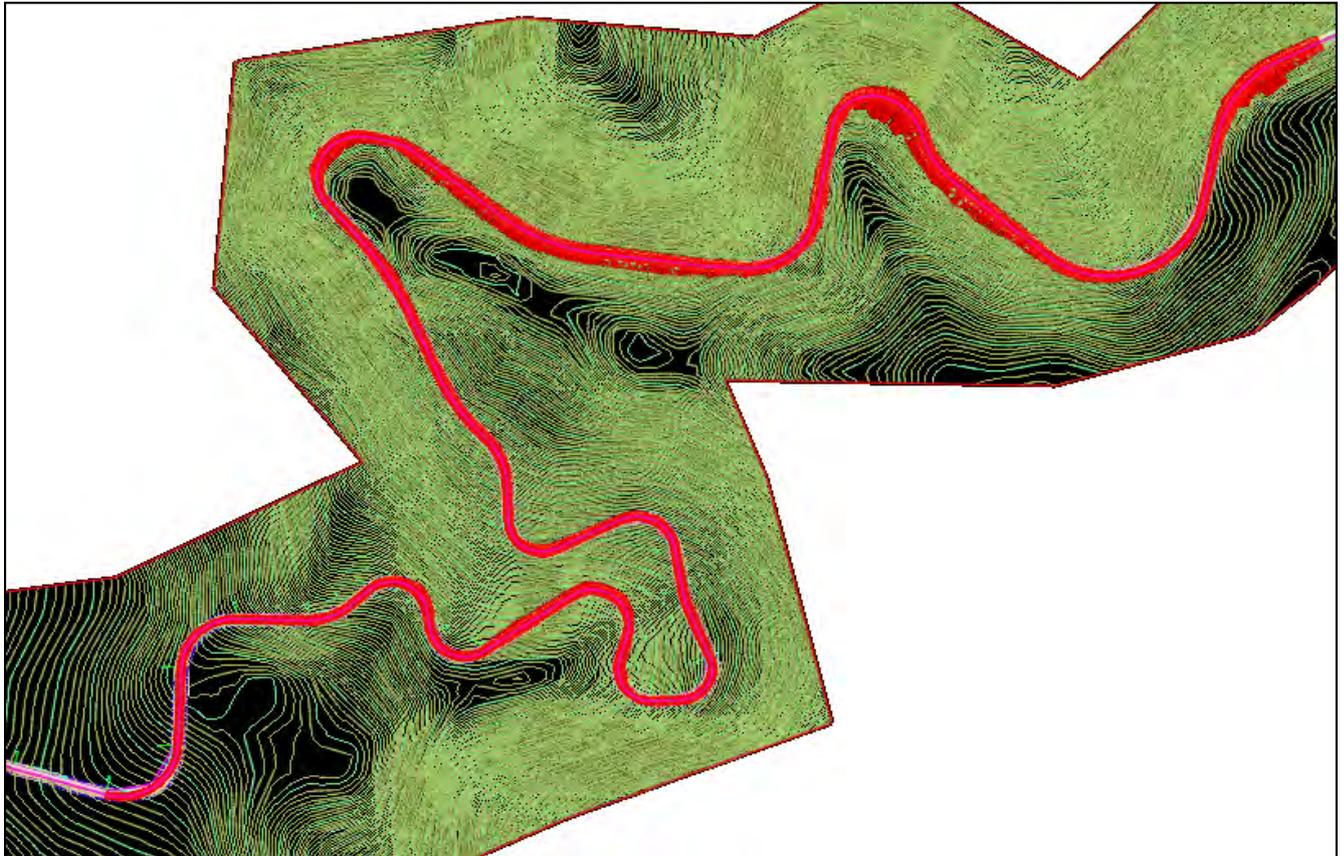


Figura 2.5 – Simulação de correção da plataforma com base em restituição SRTM.

Após a descida da serra, a Estrada Águas Claras atravessa um vale e logo depois começa o trecho mais crítico da estrada. Trata-se de um segmento em subida contínua com 5,5km de extensão, onde são previstas as principais intervenções no corpo original da estrada.

Com base nos dados de levantamento por drone fornecidos pela Vale e visita a campo, este intervalo de subida contínua da rodovia conta com pequenos segmentos de rampa superiores a 12 %

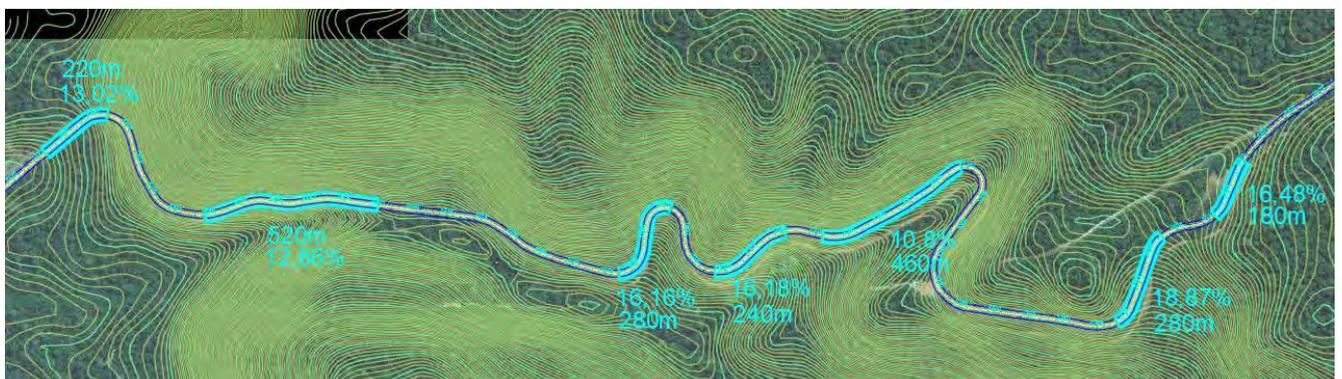


Figura 2.6 – Intervalos onde a restituição por Drone apontaram rampas da rodovia superiores a 12%.

		CLASSIFICAÇÃO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		RESTRITO	Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 9/58
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0	

Para a correção deste intervalo, são previstas adequações destas rampas com o limite máximo de 12% (Rampa máxima utilizada na estrada do Pojuca). Para esta correção vertical, são previstos cortes na própria plataforma da estrada bem como uma variante do traçado no final deste segmento, onde encontramos uma rampa superior a 18%.



Figura 2.7 – Simulação de Variante para correção da rampa no final da subida da Serra.

Nesta fase de estudo, há a previsão de 3ª faixa em todo o intervalo de subida da serra, ou seja, em toda a extensão de 5,5km. Todo o embasamento do estudo de simulações de intervenções do traçado existente, são apoiados em dados de restituição SRTM baixados no site do INPE.

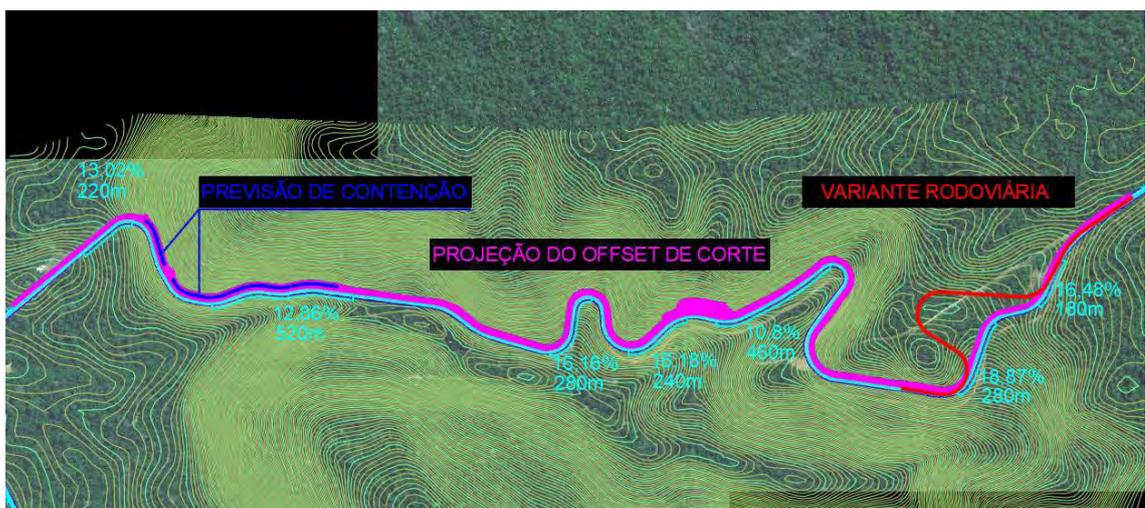


Figura 2.8 – Simulação do comportamento dos ajustes do traçado na região de subida da serra.

Por fim, o intervalo em revestimento primário da estrada Águas Claras volta a percorrer o topo de serra com topografia plana a ondulada nos próximos 4,1 km.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 10/58
			Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

2.3. SUBTRECHO 3

Este segmento compreende um total de 18,0km que se inicia no fim do revestimento primário, próximo a portaria do manganês do Azul e vai até a entrada da mina de Carajás. Trata-se de uma rodovia bem consolidada que conta com revestimento asfáltico em toda sua extensão.

Para este intervalo não a previsão de qualquer tipo de terraplenagem ou supressão vegetal. As principais intervenções neste segmento é a reavaliação do pavimento existente e reforço na sinalização para absorver o novo tráfego previsto para a via.

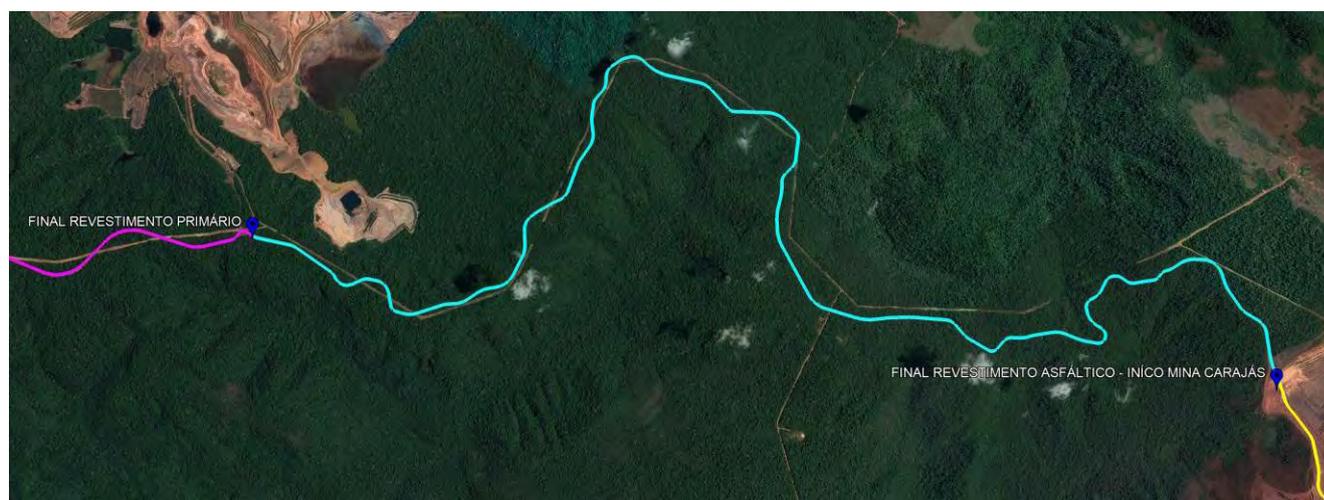


Figura 2.9– Subtrecho 3 (Rodovia Aguas Claras)

2.4. SUBTRECHO 4

Este subtrecho contempla o estudo aprofundado das condições operacionais de tráfego no local, sendo necessário o uso de software de simulação de tráfego para compreender o fluxo de veículos e suas particularidades no local.

As principais considerações para este intervalo serão abordadas no capítulo operacional deste relatório, que apontarão os principais gargalos de trafegabilidade e sugestão de correções para ser tratada com a operação da Mina.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 11/58
			Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0



Figura 2.10 – Subtrecho 4 (Mina de Carajás)

2.5. SUBTRECHO 5

Este segmento compreende um total de 13,5km que se inicia no fim da Mina de Carajás e vai até o encontro com a rodovia Paulo Fonteles. Trata-se de uma rodovia recém implantada (Estrada Apinha) em perfeito estado de trafegabilidade. Para este intervalo não a previsão de terraplenagem ou supressão vegetal, bem como qualquer intervenção na infraestrutura da estrada.



Figura 2.11 – Subtrecho 5 (Estrada Apinha)

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 12/58	
		Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0	

3. INVENTÁRIO VIÁRIO

A primeira etapa do consiste na obtenção de dados qualitativos sobre a área de estudo, relativos tanto às características físicas das interseções da área de estudo quanto às informações cedidas pelo próprio contratante a partir de seu conhecimento prévio do problema.

A segunda etapa do trabalho consistiu-se em levantar, in loco, inúmeros dados quantitativos sobre a área de estudo. Os procedimentos utilizados para levantamento de campo estão detalhados nos itens a seguir.

Foram realizados levantamentos em campo onde foi percorrido todo o trajeto correspondente às interseções de interesse e número de faixas, com auxílio de câmeras fotográficas afim de registrar as principais interseções a serem analisadas.

Como parte fundamental do inventário viário, o levantamento de campo dos locais que foram realizadas as pesquisas de CCV (contagem classificada de veículos) para obter a quantidade máxima de detalhes, com objetivo em proporcionar análises consistente sobre o sistema viário. Na figura a seguir, mostra os pontos de pesquisa que foram utilizados neste documento. Apesar da nomenclatura dos pontos de pesquisa não seguirem uma lógica numérica para este documento, ou seja, iniciar do ponto 01 até o 14 por exemplo, ressalta que este fato não altera ou modifica de forma prejudicial as análises.



Registro Fotográfico - Ponto 03



Registro Fotográfico - Ponto 04

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-05101B-G-03309	PAGINA 13/58
			Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0



Registro Fotográfico - Ponto 05



Registro Fotográfico - Ponto 06



Registro Fotográfico - Ponto 08



Registro Fotográfico - Ponto 10



Registro Fotográfico - Ponto 14

Figura 3.1 – Registro Fotográfico dos Pontos de Pesquisa CCV
Fonte: Acervo Próprio

Outra etapa importante do levantamento viário é a identificação de particularidades do complexo viário de Carajás, dentre o subtrecho 04, que é o foco do estudo, observou-se a

		CLASSIFICAÇÃO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		RESTRITO	Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 14/58
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0	

presença de dois conjuntos de semáforos operantes na visita técnica, totalizando 4 semáforos em operação na rede. A figura a seguir, mostra a localização do semáforo que está entre o ponto 05 e 06 da pesquisa CCV.



Figura 3.2 – Localização do Semáforo entre P5 e P6
Fonte: Acervo Próprio

Foram realizados o registro fotográfico de ambos os sentidos do semáforo entre o P5 e P6, em razão do túnel que suporta apenas um sentido por vez.

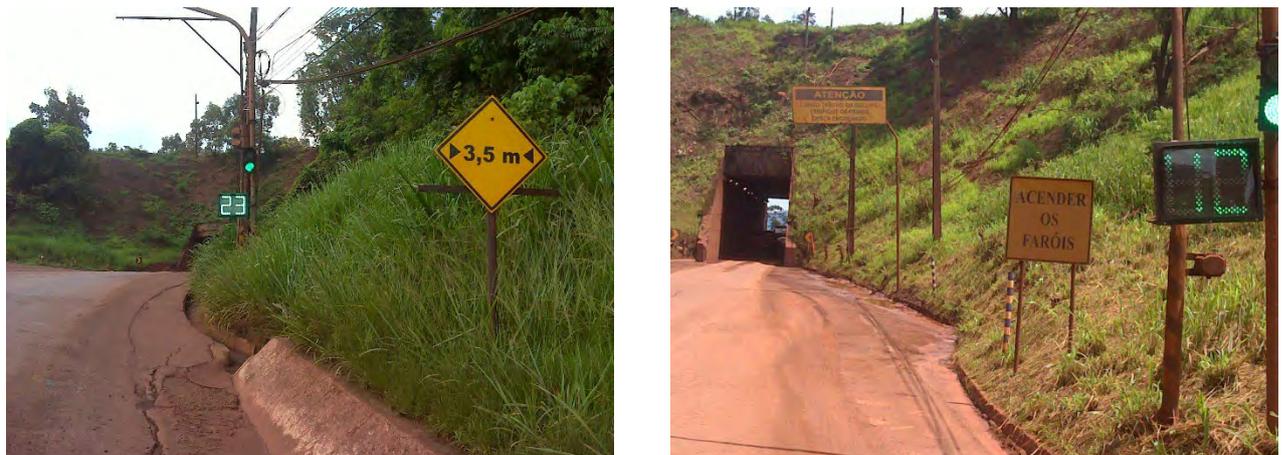


Figura 3.3– Registro Fotográfico do Semáforo entre P5 e P6
Fonte: Acervo Próprio

Outra particularidade identificada foi no local onde foi feita a pesquisa do ponto 14. Também foi possível mostrar dois semáforos, sendo um por sentido, devido ao túnel ser de mão única. A figura a seguir mostra a localização do ponto 14 e o conjunto de semáforos.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 15/58
			Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0



Figura 3.4 – Localização do Semáforo no P14
Fonte: Acervo Próprio

A figura a seguir, mostra o registro fotográfico do semáforo no ponto 14.



		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 16/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

Figura 3.5 – Registro Fotográfico do Semáforo no P14
Fonte: Acervo Próprio

Além do registro fotográfico, utilizando a mesma câmera, foi realizado um levantamento filmado do trajeto dentro do complexo de Carajás. O vídeo gerado serviu de auxílio para o inventário viário.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 17/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

4. CONTAGEM CLASSIFICADA VOLUMÉTRICA

As contagens de tráfego são feitas com o objetivo de conhecer-se o número de veículos que passam através de um determinado ponto da estrada, durante certo período, podendo-se determinar o Volume Médio Diário (VMD), a composição do tráfego (automóveis, caminhões, motos, etc.), etc. Tais dados servem para a avaliação do número de acidentes, classificação das estradas e fornecem subsídios para o planejamento rodoviário, projeto geométrico de estradas, estudos de viabilidade e projetos de construção e conservação. Permitem também através da análise de diversos elementos, por exemplo, determinar a tendência de crescimento do tráfego e variações de volume. A contagem pode ser global ou direcional ou por classes (INSTITUTO, 2006).

DNIT (2006) menciona que o volume, a velocidade e a densidade são três características fundamentais dos aspectos dinâmicos do tráfego. A análise destes três elementos permite a avaliação global da fluidez do movimento geral de veículos. Parar tanto, define-se Volume de Tráfego (ou Fluxo de Tráfego) como o número de veículos que passam por uma seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo. É expresso normalmente em veículos/hora (vph).

A análise automática de tráfego através de vídeos é um campo de pesquisa emergente, com grande relevância para sistemas de monitoramento de tráfego. Com o avanço da visão computacional, a câmera de vídeo torna-se um meio promissor e de baixo custo para o monitoramento do fluxo de tráfego (ROBERT, 2009). A análise do tráfego utilizando câmeras possui muitas vantagens em relação aos outros meios de monitoramento. As câmeras possuem fácil instalação, não causam danos às estradas e possuem custo relativamente baixo de instalação e manutenção. Além disso, elas fornecem uma ampla área de monitoramento, podendo monitorar diversas pistas ao mesmo tempo, permitindo uma melhor análise do fluxo do tráfego, medição de velocidade, contagem de veículos, classificação de veículos e avaliação de rodovias. O monitoramento automático do tráfego é uma fonte rica de informações, e os dados coletados através das câmeras podem ser utilizados para as mais diversas finalidades.

A instalação de câmeras de vídeo para monitorar redes de estradas é barato e menos prejudicial do que a instalação de outros sensores, e, geralmente, um grande número de câmeras já instaladas nas vias para fins de fiscalização. Uma única câmera é capaz de monitorar mais de uma faixa de tráfego ao longo de várias centenas de metros da estrada. Sistemas baseados em visão têm o potencial para extrair uma variedade muito mais rica de informações, tais como o caminho percorrido pelo veículo, a forma do veículo, as dimensões e cor. Um sistema de visão poderia, teoricamente, ter os mesmos poderes de observação que um observador humano, mas sem os efeitos prejudiciais de cansaço e tédio causados pela tarefa repetitiva (SETCHELL, 1997).

A distribuição por sentido é uma característica importante do volume. Normalmente o sentido principal se inverte nos picos da manhã e da tarde. Em uma rodovia de uma pista com dois sentidos de tráfego a distribuição por sentido tem um impacto importante na operação. A operação de passagem à frente de um veículo é feita usando a faixa de sentido contrário, sendo as oportunidades de ultrapassagem limitadas pelo tráfego contrário. (DNIT, 2006)

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 18/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

O conhecimento dos volumes veiculares incidentes em uma área de estudo é informação preponderante para o estabelecimento de um diagnóstico da situação de tráfego e para a formulação de alternativas, quaisquer sejam os objetivos do projeto. Essa demanda de informações representa, para o setor de pesquisas de campo, picos de trabalho que se traduzem em demoras na prestação dos serviços com consequentes prejuízos no desenvolvimento dos projetos.

O tipo de contagem realizada no ponto de estudo foi de modo automático em que os veículos são detectados através de tubos pneumáticos ou dispositivos magnéticos, sonoros, radar, células fotoelétricas, etc. Para o presente contexto, utilizou-se uma filmadora do tipo Sony DCR SR68 com capacidade interna de armazenamento, conforme mostra a Figura a seguir.



Figura 4.1 - Filmadora Sony DCR SR-68
Fonte: Sony

Para obter as informações de tráfego que subsidiarão o presente estudo foi proposta/realizada a contagem em sete pontos a fim de identificar o comportamento do tráfego nas interseções de estudo, conforme figura a seguir que mostra o local que foram elaboradas as pesquisas de tráfego.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 19/58
			Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0



Figura 4.2 - Ponto de Coleta
Fonte: Google Earth

As próximas figuras mostram a localização dos pontos de coleta e seus detalhes. Apesar da nomenclatura não seguir uma lógica numérica sendo o ponto inicial do P3 até o P6, e os pontos P8, P10 e P14, conforme figura a seguir.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 20/58
			Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0



Figura 4.3 - Sete Pontos de Contagem
Fonte: Google Earth

A seguir está detalhado os setes pontos de pesquisa de contagem de veículos pela imagem de satélite, salienta-se que devido a disponibilidade da fonte de imagens de satélites *Google Earth*, algumas interseções estão desatualizadas em comparação a realidade, mas enfatiza-se que isto não prejudica ou altera as análises uma vez que que tanto a simulação quanto a contagem de veículos foram realizadas conforme cenário atual.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 21/58
			Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0



Figura 4.4: Pontos de Contagem
Fonte: Google Earth

A contagem realizada foi do tipo classificatória onde são registrados os volumes para os vários tipos ou classes de veículos. São empregadas para o dimensionamento estrutural e projeto geométrico de rodovias e interseções, cálculo de capacidade, cálculo de benefícios aos usuários e determinação dos fatores de correção para as contagens mecânicas. As Figuras a seguir apresentam os modelos representativos de veículos (pesados) conforme DNIT (2006).

		CLASSIFICAÇÃO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		RESTRITO	Nº VALE RL-05101B-G-03309	PAGINA 22/58
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº JM SOUTO	REV.	
		JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	0	

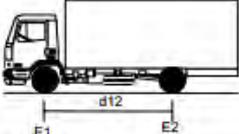
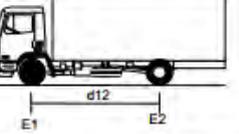
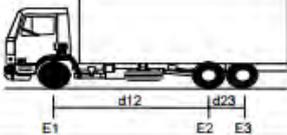
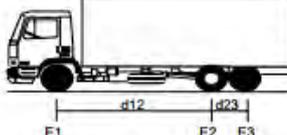
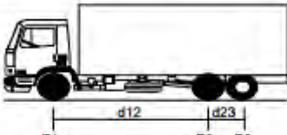
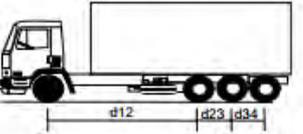
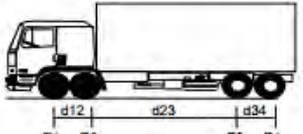
	2 / 2	12 / (12,6)	CAMINHÃO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. $d12 \leq 3,50$ m	2CC	120
	2 / 2	16 / (16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12 > 3,50$ m	2C	65
	2 / 3	23 / (24,15)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23 \leq 2,40$ m	3C	67
	2 / 3	19,5 / (20,475)	CAMINHÃO TRUCADO COM EIXO TRASEIRO MISTO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23 \leq 2,40$ m	3CD	103
	2 / 3	19,5 / (20,475)	CAMINHÃO TRUCADO COM EIXO TRASEIRO MISTO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23 \leq 2,40$ m	3DC	121
	2 / 4	31,5 / (33,075)	CAMINHÃO SIMPLES E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23, d34 \leq 2,40$ m	4C	69
	2 / 4	29 / (30,45)	CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. $d23 > 2,40$ m $1,20$ m $< d12, d34 \leq 2,40$ m	4CD	70

Figura 4.5: Classificação Dnit

		CLASSIFICAÇÃO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		RESTRITO	Nº VALE RL-05101B-G-03309	PAGINA 23/58
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

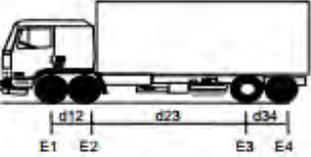
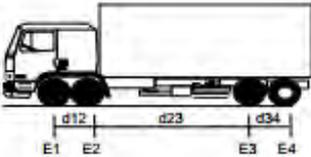
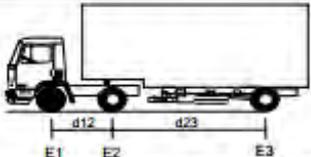
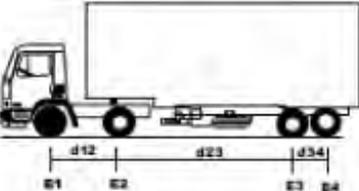
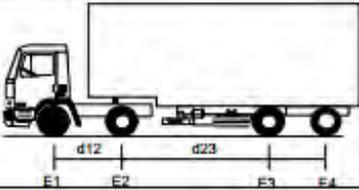
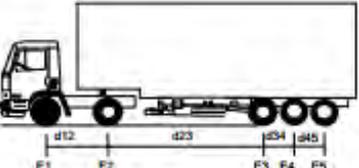
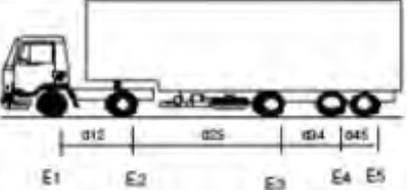
	2 / 4	25,5 / (26,775)	CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. $d23 > 2,40$ m $1,20$ m $< d12, d34 \leq 2,40$ m	4DD	122
	2 / 4	25,5 / (26,775)	CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. $d23 > 2,40$ m $1,20$ m $< d12, d34 \leq 2,40$ m	4DC	123
	3 / 3	26 / (27,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12, d23 > 2,40$ m	2S1	68
	3 / 4	33 / (34,65)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. $d12, d23 > 2,40$ m $1,20$ m $< d34 \leq 2,40$ m	2S2	71
	4 / 4	36 / (37,8)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12, d23, d34 > 2,40$ m	2I2	80
	3 / 5	41,5 / (43,575)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3E4E5 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. $d12, d23 > 2,40$ m $1,20$ m $< d34, d45 < 2,40$ m	2S3	74
	4 / 5	43 / (45,15)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. $d12, d23, d34 > 2,40$ m $1,20$ m $< d45 \leq 2,40$ m	2I1	84

Figura 4.6: Classificação Dnit (Cont.)

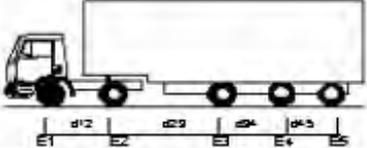
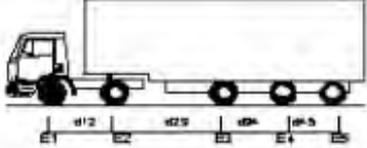
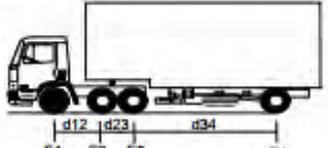
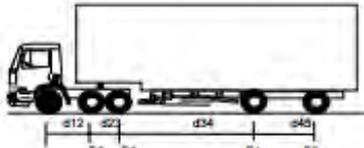
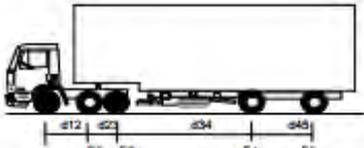
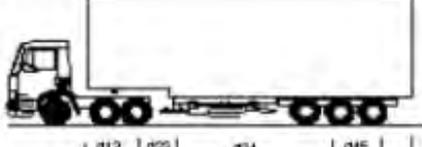
		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00		
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-05101B-G-03309	PAGINA 24/58	
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0	
	5 / 5	45 / (47,25) Res. Contran 210/06 Caso tenha comprimento total inferior a 16m	CAMINHÃO TRATOR (SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34, d45 > 2,40 m	213	82
	5 / 5	46 / (48,30) Res. Contran 210/06 Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (Comp. Máx. = 18,60m).	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34, d45 > 2,40 m	213	82
	3 / 4	33 / (34,65)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23 ≤ 2,40 m	3S1	72
	4 / 5	43 (45,15)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23 < 2,40 m	3I2	81
	4 / 5	39,5 (41,475)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23 < 2,40 m	3D2	124
	3 / 6	45 / (47,25) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total inferior a 16m	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5E6 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d56 < 2,40 m	3S3	78

Figura 4.7: Classificação Dnit (Cont.)

 	CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-05101B-G-03309
		Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

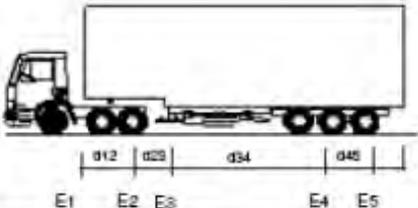
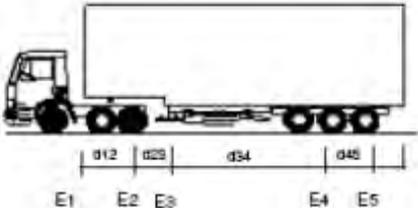
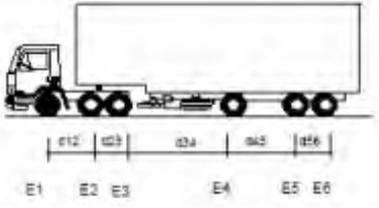
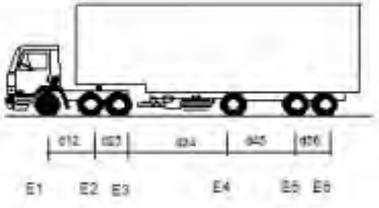
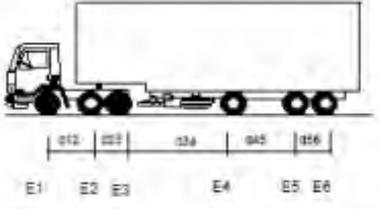
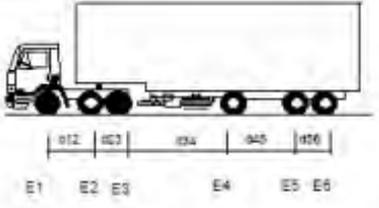
	3 / 6	48,5 / (50,925) Res. Contran 210/06 Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (comp. Máx. = 18,60m)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5E6 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d56 ≤ 2,40 m	3S3	78
	3 / 6	45 / (47,25)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E4E5E6 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d56 ≤ 2,40 m	303	125
	4 / 6	45 / (47,25) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total inferior a 16m	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d45, > 2,40 m 1,20 m < d23, d56 ≤ 2,40 m	311	85
	4 / 6	50 / (52,5) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (comp. Máx. = 18,60m)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d45, > 2,40 m 1,20 m < d23, d56 ≤ 2,40 m	311	85
	4 / 6	45 / (47,25) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total inferior a 16m	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d45, > 2,40 m 1,20 m < d23, d56 ≤ 2,40 m	3DI	126
	4 / 6	46,5 / (48,825) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (comp. Máx. = 18,60m)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d45, > 2,40 m 1,20 m < d23, d56 ≤ 2,40 m	3DI	126

Figura 4.8: Classificação Dnit (Cont.)

 	CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-05101B-G-03309
		Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

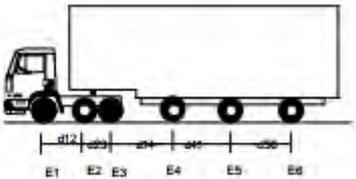
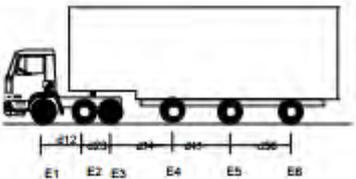
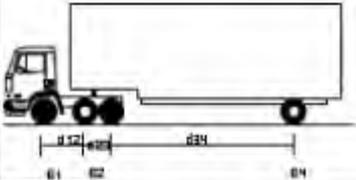
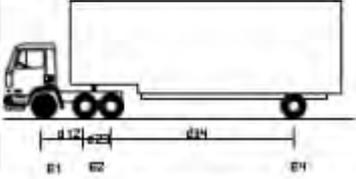
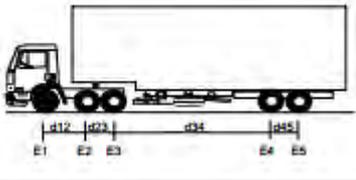
	5 / 6	53 / (55,65) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (comp. Máx. = 18,60m)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23 < 2,40 m	3I3	83
	5 / 6	45 / (47,25) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total inferior a 16m	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23 < 2,40 m	3ID	127
	5 / 6	49,5 / (51,975) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (comp. Máx. = 18,60m)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23 < 2,40 m	3ID	127
	3 / 4	29,5 / (30,975)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23 < 2,40 m	3D1	128
	3 / 5	36,5 / (38,325)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45 < 2,40 m	32D	129
	3 / 5	40 / (42)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45 < 2,40 m	3S2	75

Figura 4.9: Classificação Dnit (Cont.)

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-05101B-G-03309	PAGINA 27/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

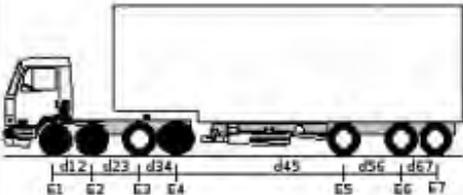
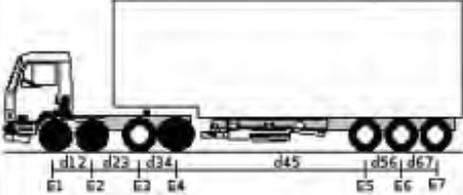
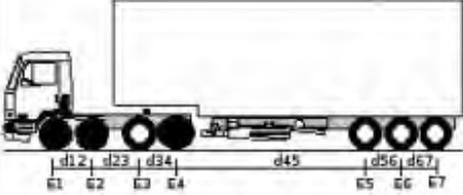
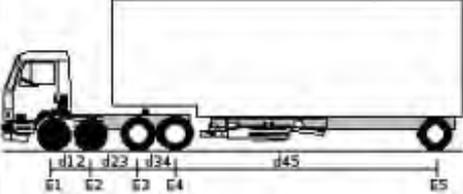
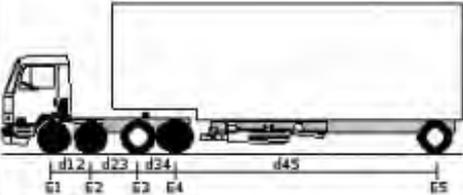
	4 / 7	52,5 / (55,125) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (comp. Máx. = 18,60m)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d23, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d12, d34, d67 < 2,40 m	4D1 130
	3 / 7	45 / (47,25) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total inferior a 16m	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E5E6E7 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d23, d45 > 2,40 m 1,20 m < d12, d34, d56, d67 ≤ 2,40 m	4D3 131
	3 / 7	51 / (53,55) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (comp. Máx. = 18,60m)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E5E6E7 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d23, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d12, d34, d56, d67 ≤ 2,40 m	4D3 131
	3 / 5	39 / (40,95)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d23, d45 > 2,40 m 1,20 m < d12, d34 ≤ 2,40 m	41C 132
	3 / 5	35,5 / (37,275)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d23, d45 > 2,40 m 1,20 m < d12, d34 ≤ 2,40 m	4D1 133

Figura 4.10: Classificação Dnit (Cont.)

		CLASSIFICAÇÃO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		RESTRITO	Nº VALE RL-05101B-G-03309	PAGINA 28/58
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002		REV. 0

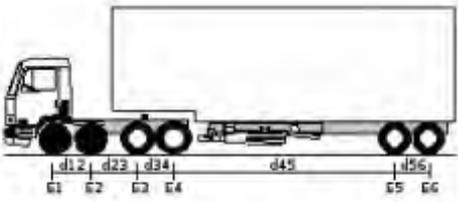
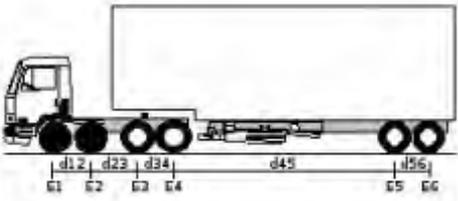
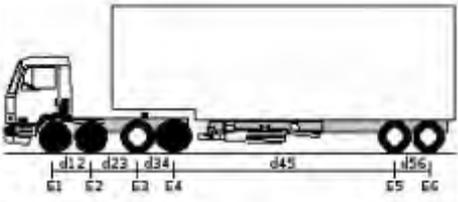
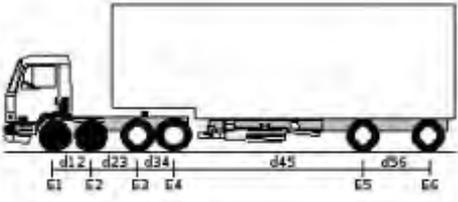
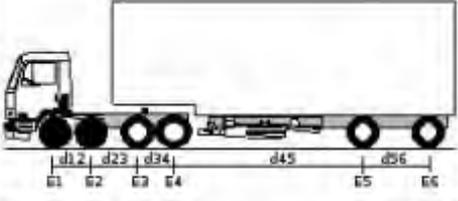
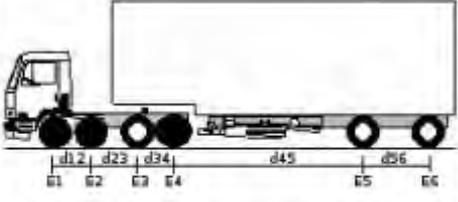
	3 / 6	45 / (47,25) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total inferior a 16m	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d23, d45 > 2,40 m 1,20 m < d12, d34, d56 ≤ 2,40 m	42C	134
	3 / 6	46 / (48,3) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (comp. Máx. = 18,60m)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d23, d45 > 2,40 m 1,20 m < d12, d34, d56 ≤ 2,40 m	42C	134
	3 / 6	42,5 / (44,625)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d23, d45 > 2,40 m 1,20 m < d12, d34, d56 ≤ 2,40 m	402	135
	4 / 6	45 / (47,25) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total inferior a 16m	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d23, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d12, d34 ≤ 2,40 m	412	136
	4 / 6	49 / (51,45) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (comp. Máx. = 18,60m)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d23, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d12, d34 ≤ 2,40 m	412	136
	4 / 6	45 / (47,25) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total inferior a 16m	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d23, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d12, d34 ≤ 2,40 m	41D	137

Figura 4.11: Classificação Dnit (Cont.)

 	CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-05101B-G-03309
		Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

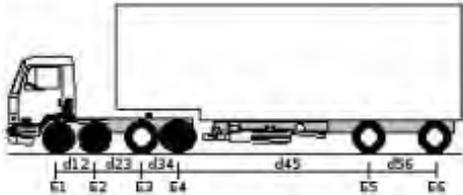
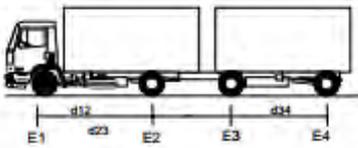
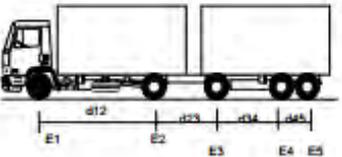
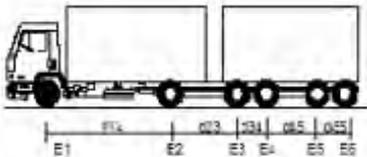
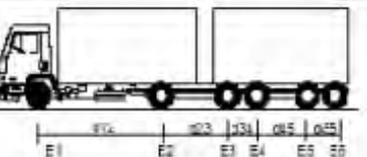
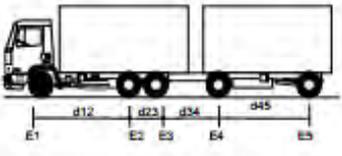
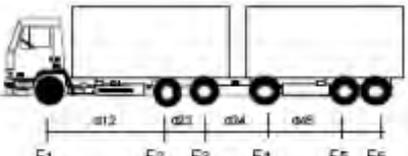
	4 / 6	45,5 / (47,775) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total igual ou superior a 16m (comp. Máx. = 18,60m)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d23, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d12, d34 ≤ 2,40 m	4ID	137
	4 / 4	36 / (37,8)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m	2C2	73
	4 / 5	43 (45,15)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m 1,20 m < d45 < 2,40	2C3	76
	4 / 6	45 / (47,25) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total inferior a 17,50m	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo simples; carga máxima 10,0 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d23, d45 > 2,40 m 1,20 m < d34, d56 ≤ 2,40	2R4	96
	4 / 6	50 / (52,5) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total igual ou superior a 17,50m (comp. Max. = 19,80m)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo simples; carga máxima 10,0 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d23, d45 > 2,40 m 1,20 m < d34, d56 < 2,40	2R4	96
	4 / 5	43 (45,15)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23 ≤ 2,40	3C2	77
	4 / 6	45 / (47,25) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total inferior a 17,50m	ROMEU E JULIETA (caminhão trucado + reboque) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m	3C3	79

Figura 4.12: Classificação Dnit (Cont.)

		CLASSIFICAÇÃO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		RESTRITO	Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 30/58
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

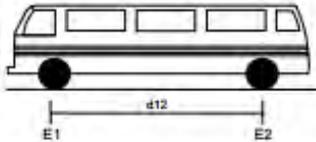
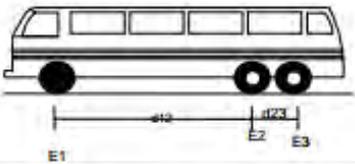
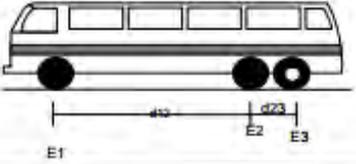
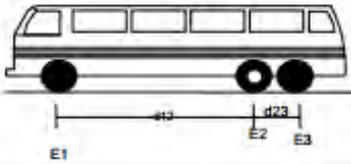
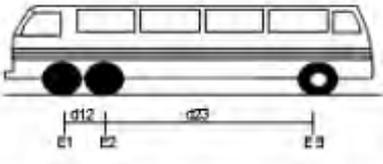
	2 / 2	12 / (12,6)	ÔNIBUS E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. $d12 \leq 3,50$ m	2BC	152
	2 / 2	16 / (16,8)	ÔNIBUS E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12 > 3,50$ m	2CB	153
	2 / 3	23 / (24,15)	ÔNIBUS TRUCADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23 \leq 2,40$ m	3BC	154
	2 / 3	19,5 / (20,475)	ÔNIBUS TRUCADO MISTO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23 \leq 2,40$ m	3CB	87
	2 / 3	19,5 / (20,475)	ÔNIBUS TRUCADO MISTO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23 \leq 2,40$ m	3BB	155
	2 / 3	22 / (23,1)	ÔNIBUS DUPLO DIRECIONAL E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d23 > 2,40$ m $1,20$ m $< d12 \leq 2,40$	3DB	156
	2 / 4	29 / (30,45)	ÔNIBUS DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. $d23 > 2,40$ m $1,20$ m $< d12, d34 \leq 2,40$	4DB	157

Figura 4.13: Classificação Dnit (Cont.)

A partir da CCV, e ainda das informações de sazonalidade típicas de rodovias de acesso a área de recreação (DNIT, 2006) foram obtidos o Volumes Médios Diários bem como para as

		CLASSIFICAÇÃO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		RESTRITO	Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 31/58
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0	

diversas horas do dia, como um procedimento adicional. Foi identificado o horário de pico bem como o Fator Hora de Pico. A Figura a seguir apresenta as correções de sazonalidade utilizadas para extrapolação dos dados segundo DNIT (2006). Este procedimento foi adotado para realizar uma análise de impacto nas diversas horas de pico de uma semana.

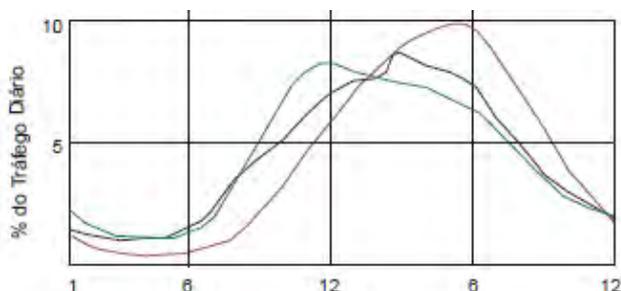


Figura 4.14: Classificação Dnit (Cont.)
Fonte: DNIT 2006

Verifica-se pela Figura anterior que o Percentual de Hora de Pico (PHP) é de no máximo 10%. Já a Figura a seguir, apresenta a variação semanal de volume por tipo de rodovia, que foram utilizados para extrapolar os resultados obtidos através da CCV.

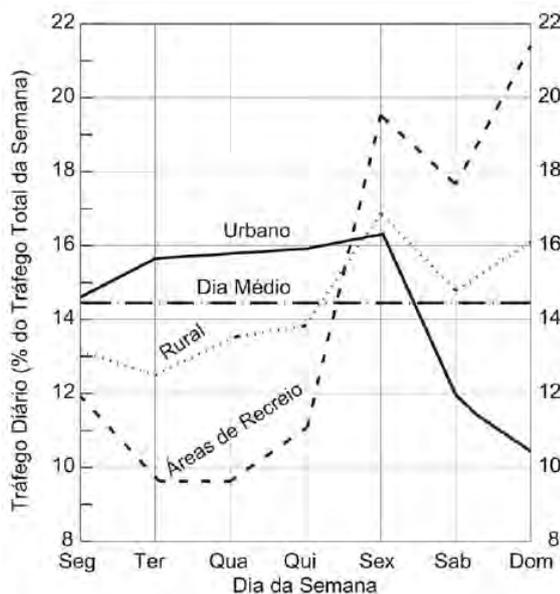


Figura 4.15: Classificação Dnit (Cont.)
Fonte: DNIT 2006

As análises realizadas verificaram que apesar de se observar uma oscilação dos fatores de sazonalidade no decorrer dos anos, não se identifica uma tendência propriamente dita, foi adotada a média entre os meses de março e abril, do último ano para o qual se dispõe de informação para cada local de pesquisa.

Para a análise da sazonalidade e a respectiva obtenção de fatores de sazonalidade que aplicados nos resultados das contagens classificadas do fluxo de tráfego, resultem no volume diário médio anualizado, foram elaboradas as seguintes tarefas:

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 32/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

- Sistematização dos dados do DNIT;
- Cálculo do fator de sazonalidade mensal (volume diário médio mensal / volume diário médio anual);
- Análise da evolução histórica da sazonalidade dos meses de março e abril, que equivalem ao período das pesquisas de campo deste estudo.

O DNIT (2006) menciona que, as Horas de Pico contendo os maiores volumes de veículos de uma via em um determinado dia, variam de local para local, mas tendem a se manter estáveis em um mesmo local, no mesmo dia da semana. Enquanto a hora de pico em um determinado local tende a se manter estável, o seu volume varia dentro da semana e ao longo do ano, assim, o volume de veículos que passa por uma seção de uma via não é uniforme no tempo e perante a comparação de contagens de quatro períodos consecutivos de quinze minutos, mostra que são diferentes entre si.

Como consta em DNIT/IPR (2006), as rodovias de acesso a áreas de recreio apresentam seus volumes de pico nos fins de semana, de sexta-feira a domingo. As rodovias rurais mais importantes apresentam variação semelhante, mas menos acentuadas. Já nas vias urbanas a predominância das idas e voltas aos locais de trabalho faz com que os picos de tráfego se concentrem nos dias de semana, de segunda a sexta-feira, que apresentam variações entre si da ordem de 5%. Normalmente os fluxos de tráfego de terça, quarta e quinta-feira são aproximadamente iguais, enquanto o de segunda-feira é ligeiramente inferior à sua média e o de sexta-feira ligeiramente superior.

Fatores de expansão são utilizados para relacionar valores de volumes entre locais onde há e onde não há contagem permanente durante um período inteiro pré-definido. Sobre os dados coletados nos locais de contagem permanente são calculados os fatores de expansão, que são utilizados para determinação do volume nos locais onde são feitas contagens em somente parte do período. A Figura a seguir apresenta os resultados para o processo de Expansão.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-05101B-G-03309	PAGINA 33/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

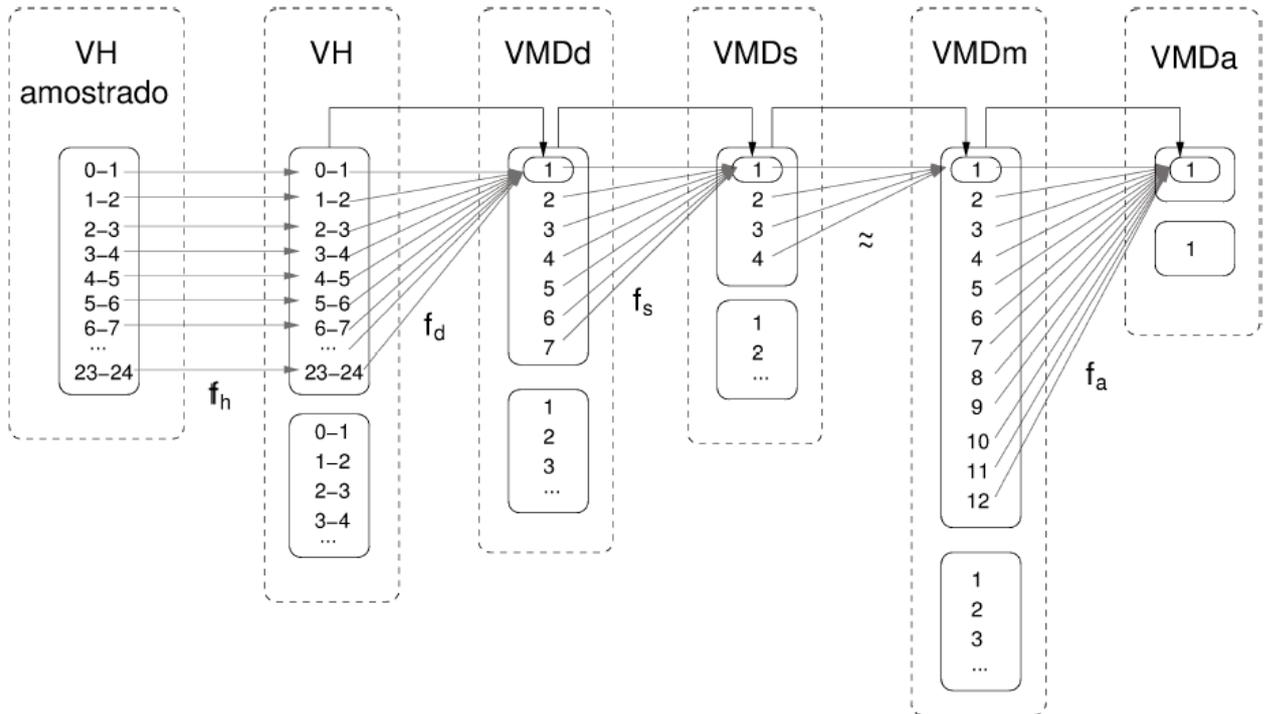


Figura 4.16: Metodologia de Expansão VMDAT.
 Fonte: Goldner, 2016.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 34/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

5. RESULTADOS DAS CONTAGENS DE VEÍCULO

A partir dos dados de contagem e do processo de calibração de dados, foi possível obter os volumes de tráfego para cada uma das interseções de análise, já apresentadas. Para tal, apesar da tabulação de dados ter sido realizada de forma segregada, a apresentação, até como forma de indicação didática, as informações acerca dos volumes de tráfego serão exibidas agregadas nos quatro modos de transporte (automóvel, moto, caminhão e ônibus).

O que poderá ser visto é que a hora de pico de maior movimentação no complexo de carajás está entre 07h00 e 08h00 com um volume de circulação da ordem de 1.495 veículos. Esse resultado permite inferir, como já era de se esperar, a inexistência de motos nas movimentações. As Figuras a seguir resume os resultados encontrados no ponto de pesquisa para o período de levantamento de campo. Adotou-se a padronização em UCP – Unidade Carro Passeio com os fatores para as categorias apresentados abaixo. É importante destacar que a padronização UCP revela o período de maior capacidade ocupada da rede, sendo assim tendo todos os veículos padronizados, é possível identificar a hora pico do sistema. Os fatores para cada categoria estão apresentados a seguir:

- Automóveis: 1,0
- Motos: 0,5
- Ônibus: 2,5
- Caminhão: 2,0

Com base nesta metodologia é possível identificar o fluxo de veículos que trafegam no trecho de forma padronizada. A figura a seguir, mostra a distribuição horária em UVP do período analisado, para fazer esta análise, agrupou todas as pesquisas para obter a hora pico do sistema.

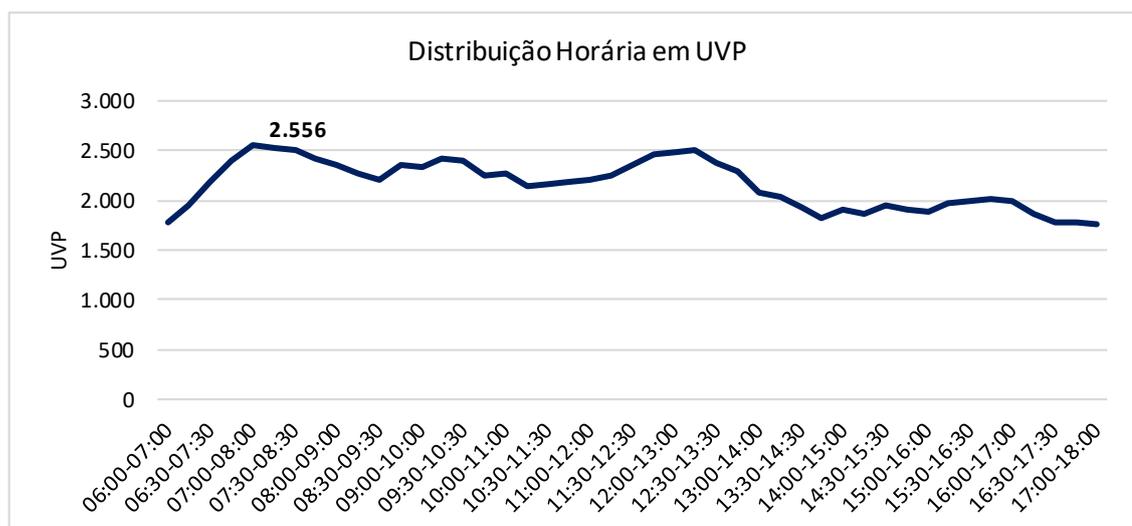


Figura 5.1: Distribuição Horária em UVP
Fonte: Elaboração Própria.

		CLASSIFICAÇÃO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		RESTRITO	Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 35/58
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0	

A distribuição horária por categoria está apresentada abaixo (automóveis, ônibus e caminhão). Conforme pode ser analisado, o volume de automóveis e ônibus mantém em altos níveis em toda a coleta de pesquisa, sendo evidenciado um aumento considerado no período da manhã.

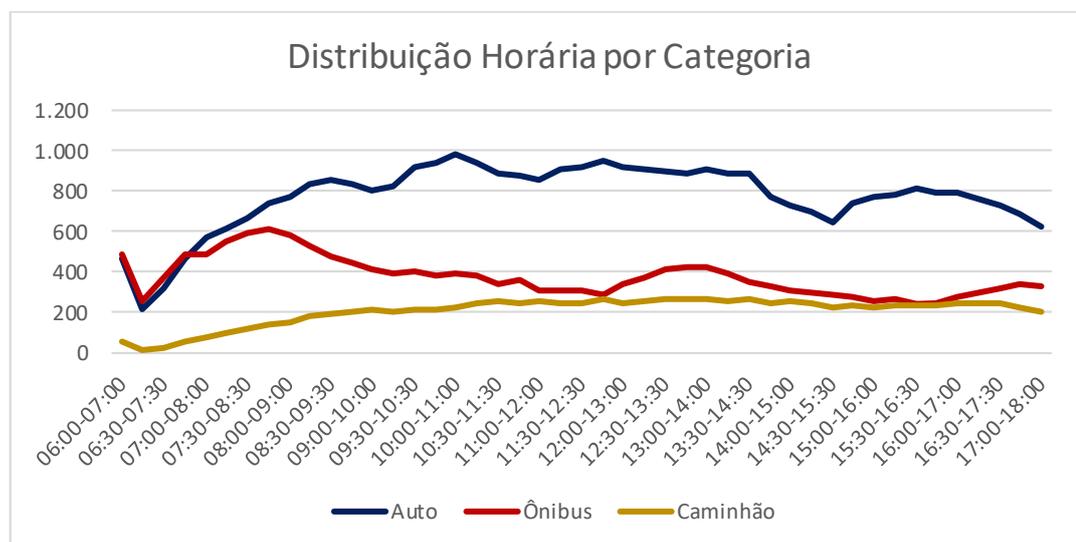
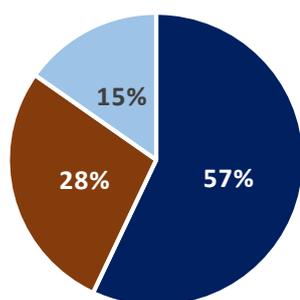


Figura 5.2: Distribuição Horária por Categoria
Fonte: Elaboração Própria.

A composição da frota que passa no ponto estudado, está apresentada a seguir. Identificou-se uma predominância de automóveis e ônibus.

Composição da Frota



■ Auto ■ Ônibus ■ Caminhão

Figura 5.3: Composição da Frota
Fonte: Elaboração Própria.

Em anexo, ao final do documento encontra-se as planilhas em formato XLSM com a contagem de classificação DNIT para todos os pontos de pesquisa CCV (contagem classificada de veículos).

		CLASSIFICAÇÃO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
		RESTRITO	Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 36/58
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0	

6. GERAÇÃO DE VIAGENS

A geração de viagens é um termo utilizado para compreender a estimativa de viagens que serão produzidas ou atraídas devido a um novo empreendimento ou operação. Neste caso, a geração é a estimativa da frota para suprir as necessidades da contratada em um determinado período de tempo.

Conforme informações apresentadas pela Vale, a expectativa de população é da ordem de 3000 pessoas no pico da implantação que será entre Jan/22 a Out/25. Já para o período de operação, foi considerado um efetivo de 1600 pessoas entre Vale + Terceiros trabalhando em turnos de revezamento e ficando alojados no site durante o período de trabalho. A Figura a seguir ilustra a movimentação de pessoas sendo o preenchimento em verde o atendimento do alojamento e em vermelho a população não atendida pelo alojamento.

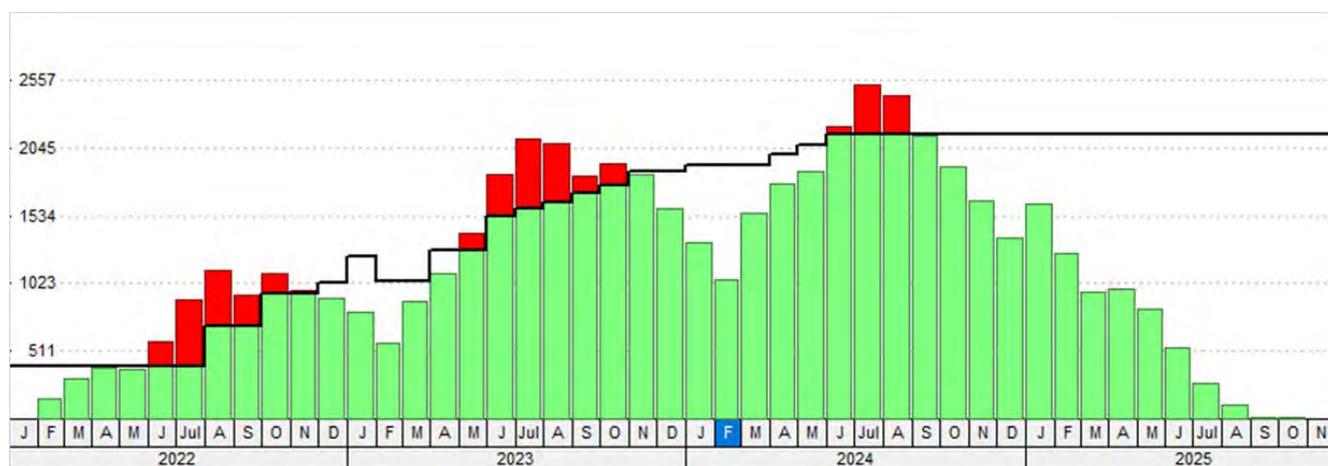


Figura 6.1: Alternativas de Estudo
Fonte: Elaboração Própria adaptado da Vale

O dimensionamento dos equipamentos está relacionado ao modelo de seleção e compatibilização de equipamentos de retirada de insumos, tipos de carga e modo de transporte dentro de uma mina em virtude das metas de extração proposta dentro de um período. Peroni (2017) menciona que, conhecendo as diversas limitações de operação, alguns dimensionamentos necessitam sofrer revisões, como é o caso da frota circulante, por exemplo. As variáveis que devem ser constantemente reavaliadas/monitoradas são: os tempos de ciclo, as condições operacionais, consumos de peças e combustível, vida útil dos equipamentos, os fatores mecânicos, a depreciação, dentre outras.

Segundo QUEVEDO et al (2009), as operações de carregamento e de transporte consistem em retirar o material extraído da frente de lavra até diferentes pontos de descarga. Em minas a céu aberto as atividades se iniciam com a preparação da área a ser lavrada para que ela possa ser perfurada e detonada, quando necessário. Então a escavação e o carregamento são feitos por equipamentos pás carregadeiras ou escavadeiras que estão estrategicamente distribuídos nas frentes de lavra para atender a demanda de produção.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 37/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

Segundo informações de Lopes (2010), o transporte rodoviário por caminhões possui várias vantagens em relação aos demais modos de transposição de material. É bem verdade que, a capacidade de transporte deste tipo de equipamento limita-se ao preconizado pelas descrições do fabricante, contudo, é um tipo de sistema dinâmico que permite a qualquer momento seu dimensionamento, bem como ser transferido para outras frentes de operação. A facilidade de contratação de mão de obra no mercado facilita significativamente o processo de start de um determinado projeto.

É de suma importância que a escolha do tipo de veículo seja adequada aos interesses e metas propostas dentro do plano de trabalho de uma mineradora. Isso se justifica em função da necessidade de cumprimento não só dos prazos estabelecidos, mas da existência de contratos pré-definidos com fornecedores.

A frota total é composta pelos veículos necessários ao atendimento adequado ao serviço de transporte coletivo, sendo classificada em Frota Operante ou Efetiva e Frota-Reserva. A Frota Operante (ou Frota Efetiva) é constituída pelo conjunto de veículos necessários ao cumprimento da programação efetiva das linhas ou do sistema. Por fim, a Frota-Reserva é constituída por um número suplementar de veículos (em relação à Frota Operante), formando a reserva técnica destinada à substituição de veículos retirados da operação por quebra, avaria ou necessidade de manutenção preventiva. Os modelos de caminhões utilizados pela Vale, para a operação do Projeto Alemão, são apresentados pela Figura a seguir.

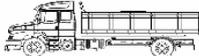
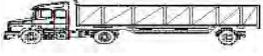
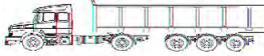
QUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE VEÍCULO				QUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE VEÍCULO			
Tipo de veículo	Ônibus e caminhão 2C			Tipo de veículo	Caminhão 3C		
Modelo de referência	Mercedes Benz LK-2638			Modelo de referência	Mercedes Benz LK-2638		
Peso por eixo, vazio (ton.)		Peso por eixo, carregado (ton.)		Peso por eixo, vazio (ton.)		Peso por eixo, carregado (ton.)	
Eixo dianteiro	3,0	Eixo dianteiro	5,0	Eixo dianteiro	4,8	Eixo dianteiro	5,0
Eixo traseiro	4,5	Eixo traseiro	10,0	Eixo traseiro	6,71	Eixo traseiro	17,0
Obs.: Pesos considerando a carroceria. Eixo dianteiro: ESRS Eixo traseiro: ESRD				Obs.: Pesos considerando a caçamba-basculante. Eixo dianteiro: ESRS Eixo traseiro: EDRD			
QUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE VEÍCULO				QUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE VEÍCULO			
Tipo de veículo	2S1			Tipo de veículo	Semi-reboque 2S3		
Modelo de referência	Mercedes Benz LS-1938			Modelo de referência	Mercedes Benz LS-1938		
Peso por eixo, vazio (ton.)		Peso por eixo, carregado (ton.)		Peso por eixo, vazio (ton.)		Peso por eixo, carregado (ton.)	
Eixo dianteiro	5,2	Eixo dianteiro	6,0	Eixo dianteiro	4,8	Eixo dianteiro	5,0
Eixo traseiro	4,3	Eixo traseiro	10,0	Eixo traseiro	4,3	Eixo traseiro	10,0
Eixo semi-reboque	7,2	Eixo semi-reboque	10,0	Eixo semi-reboque	7,2	Eixo semi-reboque	25,5
Obs.: Pesos considerando a caçamba-basculante. Eixo dianteiro: ESRS Eixo traseiro: ESRD Eixo semi-reboque: ETRD				Obs.: Pesos considerando a caçamba-basculante. Eixo dianteiro: ESRS Eixo interm.: ESRD Eixo semi-reboque: ETRD			

Figura 6.2: Modelo de Caminhão
Fonte: Elaboração Própria adaptado da Vale

A Tabela a seguir apresenta o dimensionamento da frota a partir das prerrogativas logísticas do site para o período de implantação e operação cujo marco de projeto está atrelado ao início das operações em 2025. Verifica-se um total de 133 veículos/dia para o período de implantação e 64 veículos/dia no período da operação.

Tabela 6.1: Dimensionamento da Frota

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 38/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

Fonte: Vale

CATEGORIA VEICULOS	TIPO DE VEÍCULO	IMPLANTAÇÃO DO PROJETO: 2022 ATÉ 2025 (VEICULOS/DIA)	OPERAÇÃO DO PROJETO: APÓS 2025 (VEICULOS/DIA)
Autos e Utilitários (Leves)	N/A	80	22
Ônibus transporte passageiros (40 lugares)	2C	22	15
Transporte concentrado	2S3	0	22
Cargas diversas	2S1	31	3
Cargas diversas	3C		2
TOTAL		133 VEICULOS	64 VEICULOS

Há de se estimar, ainda, movimentações futuras que poderão gerar algum tipo de impedância na rede viária de análise. Neste caso, inclui-se a operação de Manganês que, conforme dados informados pela Vale, terá seu início operacional em Jan/2023.

A operação de carga padrão da mina de Manganês é composta por 7 bitrens de 120 toneladas total por conjunto em uma operação de 24 horas. Além disso, outra informação que foi adicionada às análises foi a consideração de 4 turnos de 80 pessoas para geração/estimativa de viagens e veículos.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 39/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

7. MICROSSIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

Para a realização da simulação de tráfego, o processo parte da construção da rede viária e tem como objetivo, reproduzir o comportamento individual de cada motorista, contemplando características que variam de condutor para condutor, como velocidade dos veículos e tempos de reação, alocando-as conforme procedimentos estatísticos.

De forma a aumentar significativamente a qualidade das análises, foram utilizadas técnicas de microssimulação de tráfego, que mediante a utilização de modelos computacionais, são capazes de reproduzir o comportamento e as condições do tráfego em diferentes cenários, de forma sistêmica, identificando os impactos decorrentes das intervenções físicas e operacionais propostas.

Técnica consagrada na engenharia de transportes, a modelagem é utilizada para a análise de alternativas de investimentos. Consiste na utilização de programas de computador (modelos de transporte) que simulam as variações nos padrões de deslocamento da população.

A partir da simulação computacional de diferentes configurações de oferta e demanda, é possível extrair e comparar indicadores de desempenho de cada cenário, o que faz da modelagem uma poderosa ferramenta de auxílio nas suas escolhas estratégicas, orientando o processo de tomada de decisão. Aplicativos de microssimulação incorporam e analisam a conduta individual dos motoristas, obedecendo, entre outros parâmetros, a distribuições estatísticas de comportamento e dos diferentes tipos de veículos com suas particularidades, como velocidade e capacidade de aceleração, que interferem no desempenho global do tráfego.

Nesse sentido, utilizou-se ferramentas de microssimulação de tráfego do software *Aimsun Next*, proporcionando ao estudo maior qualidade e confiabilidade técnica e permitindo realizar análises bastante precisas dos efeitos resultantes das intervenções propostas e do comportamento do tráfego na área de estudo. Estes modelos são eficazes, inclusive, na avaliação de condições de tráfego altamente congestionadas, de configurações geométricas complexas e em estudos que avaliam os impactos no sistema ocasionados por modificações das condições padrões de tráfego. As características operacionais de tráfego são influenciadas, também, pelas condições da pista, inclinação vertical e curvas horizontais.

Os desejos de deslocamento na área de estudo são modelados por meio de uma matriz origem e destino de viagens e a escolha de rotas adota os mesmos critérios que seriam utilizados por um condutor em uma situação real: minimização de custo ou tempo de viagem.

Diante dos elementos supracitados, a microssimulação se torna uma eficiente ferramenta de planejamento urbano, sendo capaz, inclusive, de analisar a evolução dinâmica ocasionada por problemas de congestionamentos de tráfego nos sistemas. Por dividir o período de análise em várias partes, um modelo de simulação pode avaliar a formação, dissipação e duração de um congestionamento. Considerando-se que é analisado todo um sistema interligado, modelos de simulação podem computar a interferência que ocorre quando um congestionamento se forma em determinado local e impacta na capacidade de outra.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 40/58	
		Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0	

Os produtos gerados pelo *Aimsun* apresentam a consistência estatística necessária para dar aos projetistas e tomadores de decisão confiança nos projetos desenvolvidos. A comparação entre indicadores de desempenho de cada alternativa, como velocidade média do sistema, tempo de viagem, tempo de atraso, distância percorrida, emissão de poluentes, consumo de combustível, entre outros, permite a opção pelas configurações físicas e operacionais mais eficientes e seguras.

Trata-se, portanto, de outra perspectiva de estudo de tráfego, mais dinâmica e responsiva, onde as ideias são efetivamente postas à prova, num enfoque estatístico, permitindo o aprimoramento do projeto e o amadurecimento das propostas. Devido ao fato de serem pontos de maior complexidade de geometria e operação, as setes interseções da área de estudo foram analisadas por meio da microssimulação de tráfego.

Cada segmento de uma via com características homogêneas tem uma capacidade que é intrínseca a este trecho, determinada por uma grande diversidade de fatores e, alguns destes, são preponderantes para a limitação desta capacidade. (ARTESP, 2004).

As capacidades definidas pressupõem boas condições meteorológicas e boas condições funcionais do pavimento das pistas, além da ausência de incidentes episódicos que possam afetar o fluxo normal de veículos, pois, mudanças nas condições operacionais ou nas características físicas da via podem resultar em alteração da capacidade.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 41/58
			Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

8. RESULTADOS DO CENÁRIO ATUAL

Para a realização da simulação de tráfego, o processo parte da construção da rede viária e tem como objetivo, reproduzir o comportamento individual de cada motorista, contemplando características que variam de condutor para condutor, como velocidade dos veículos e tempos de reação, alocando-as conforme procedimentos estatísticos.

Para o presente estudo foi utilizado o software é um simulador dinâmico, capaz de criar e modificar cenários, partindo de um conjunto de parâmetros que definem o experimento. Estes cenários são compostos por tipos de dados: extensão da rede, velocidade das vias, número de faixas e tipos de seções HCM. Todos esses podem ser editados através do sistema, conforme os objetivos pretendidos. O software também fornece modelagem altamente detalhada do tráfego de rede, sendo capaz de fazer distinção entre os diferentes tipos de veículos e condutores, permitindo uma gama de traçados e geometria da rede, além de considerar possíveis incidentes, manobras conflitantes, entre outros.



Figura 8.1: Modelagem de Rede
Fonte: Aimsun Next

A fim de tratar o pior cenário de tráfego, a análise da simulação foi realizada utilizando informações do fluxo no horário de pico (07:00h às 08:00h). Isto em razão da elaboração da

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-05101B-G-03309	PAGINA 42/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

análise do período mais intenso de movimentação, torna-se possível visualizar todas as deficiências de operação no tráfego, para obter o parecer mais consistente e conservador.

De maneira geral, os softwares de microssimulação incorporam e analisam a conduta individual dos motoristas, adotando distribuições probabilísticas que representam a variação no comportamento dos condutores. O mesmo vale para os diferentes tipos de veículos com suas peculiaridades, como velocidade e capacidade de aceleração, que interferem no desempenho global do tráfego, gerando pontos de conflito e aumento dos tempos de viagem.

Em função da complexidade da área de estudo, torna-se fundamental a utilização de modelos computacionais capazes de reproduzir o comportamento e as condições do tráfego mediante diferentes cenários para que sejam identificados, de forma adequadamente abrangente e sistêmica, os impactos decorrentes das intervenções físicas e operacionais propostas.

O modelo atual de simulação consiste área de estudo da área, de acordo com as operações físicas e para o ano de 2021, construiu-se uma rede representativa das características levantadas em campo. Fez-se a modelagem no software *Aimsun Next* de toda a área de atuação em uma rede georreferenciada e em razão do seu grau de detalhamento, a extensão dos *links* é um atributo natural associado a cada trecho. A Figura a seguir, apresentam a modelagem do sistema viário, tanto em características físicas e operacionais da rede.



Figura 8.2: Rede de Simulação da Interseção
Fonte: Aimsun Next

As Figuras a seguir apresentam os resultados relativos à circulação de veículos dentro da área de estudos a partir das informações e registros obtidos pela contagem volumétrica. Neste

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 43/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

caso, as análises iniciam pelo principal indicador operacional que diz respeito à estimativa de utilização das vias existentes para a identificação dos gargalos.

De modo geral, o que se pode verificar em toda a extensão da rede, dois locais com gargalos operacionais que apresentam filas dos veículos. O primeiro local é um túnel entre o P5 (rotatória) e o P6 (bifurcação) que devido a sua geometria apenas passa um sentido por vez, tendo auxílio de dois semáforos em cada extremidade do túnel para a fluidez de tráfego. Esse resultado demonstra a ocorrência de problemas operacionais de retenções significativas com perda de produtividade logística. A Figura a seguir ilustra o diagnóstico obtido para a interseção de análise do sistema viário.



Figura 8.3: Rede de Simulação Diagnóstico – Cenário Atual
Fonte: Elaboração Própria.

O segundo local que apresenta gargalos, é a rotatória do ponto de pesquisa (P5), devido ao alto volume de veículos ocasiona congestionamento em sua utilização no período mais carregado do dia. Portanto, o foco do diagnóstico se restringe a esses dois pontos mencionados. A seguir, a figura mostra o ponto 05 com seu diagnóstico.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 44/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0



Figura 8.4: Rede de Simulação Diagnóstico – Cenário Atual
Fonte: Elaboração Própria.

Findado o processo de calibração da rede, fez-se a análise por meio do software de microsimulação a obtenção dos dados quantitativos que subsidiarão as análises deste documento, esta apresentada a seguir. Vale ressaltar que os parâmetros obtidos não impactam em vias rurais (vias de terra). Resume-se que por meio do quadro a seguir, os dados da rede para o cenário atual.

Tabela 8.1: Parâmetros Operacionais 2021
Fonte: Acervo Próprio

Parâmetros Operacionais - Cenário Atual		
2021		
Densidade - Todos	1,09	veíc/km
Fila Média - Todos	19,15	veíc
Tempo de Atraso - Todos	72,89	seg/km
Tempo de Viagem - Todos	243,8	seg/km
Tempo Parado - Todos	24,97	seg/km
Velocidade Média - Todos	15,91	km/h

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 45/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

9. RESULTADOS DO CENÁRIO FUTURO SEM INTERVENÇÃO

O cenário analisado contempla a condição de alocação da geração de viagens dentro do sistema viário da área de estudo. Neste cenário de análise, em função da condição de operação interna da Vale, considerar-se-á que haverá crescimento conforme capítulo de geração de viagens ao longo dos anos, em razão disso, e para obter o pior cenário possível alocou-se os 133 veículos que foram a projeção maior de veículos na rede que seriam ao longo de todo dia, na hora de pico (07:00 às 08:00) analisada no cenário atual.

Este cenário consiste na adição do crescimento da frota nas vias internas, sem nenhuma intervenção nos pontos de análises (pontos de gargalos), ou seja, foram mantidos a geometria e configurações físicas-operacionais das vias. Por meio do software Aimsun Next adotou-se em um horizonte temporal até 2025 com o crescimento da frota a partir do cenário atual.

Os parâmetros operacionais das vias internas com o crescimento para o horizonte de 2025 se mantém em comparação com o cenário atual. Em razão que a rodovia comporta o crescimento, mas isto não exclui os problemas operacionais e de segurança das interseções. A seguir a tabela, mostra os parâmetros extraídos do software de simulação.

Tabela 9.1: Parâmetros Operacionais 2025

Fonte: Acervo Próprio

Parâmetros Operacionais - Cenário Futuro s/ Intervenção		
2025		
Densidade - Todos	1,28	veíc/km
Fila Média - Todos	26,48	veíc
Tempo de Atraso - Todos	72,34	seg/km
Tempo de Viagem - Todos	243,32	seg/km
Tempo Parado - Todos	32,36	seg/km
Velocidade - Todos	14,11	km/h

Nota-se que ao adicionar 133 novos veículos sendo 22 ônibus, 80 automóveis leves e 31 caminhões, por questões lógicas os parâmetros são piorados, devido que quanto maior a quantidade de veículos maior deve ser a capacidade das vias para suportar o tráfego, ou seja, em locais que já apresentavam filas como os mencionados anteriormente, com o acréscimo de veículos as filas foram maiores, gerando maiores transtornos para os usuários e perdas logísticas.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 46/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

10. RESULTADOS DO CENÁRIO FUTURO COM INTERVENÇÃO – PROPOSTA 1

Para o cenário futuro, fez-se proposições de intervenções nos locais que apresentam gargalos operacionais pela rede de simulação, ou seja, apesar do alto volume em toda extensão da rede, este trabalho enfatiza os piores locais que podem causar transtornos e perdas de produtividade. Os locais são o túnel entre o ponto P5 e P6 e a rotatória do P5, ambos locais mencionados anteriormente no relatório.

Com isso, é possível propor novas soluções para mitigar os problemas operacionais ocasionados pelo aumento de veículos na rede nos pontos de análise. Para a rotatória do P5 foi proposto a intervenção de uma rotatória vazada para aumentar a fluidez de veículos e a segurança no local. O outro ponto túnel entre o P5 e P6 a proposta é a duplicação da faixa, sendo assim possível a retirada do semáforo que ocasiona filas na extensão do link. A seguir, está as imagens que mostram as modificações na rede de simulação.



Figura 10.1: Rede de Simulação Intervenção Rotatória
Fonte: Elaboração Própria.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-05101B-G-03309	PAGINA 47/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0



Figura 10.2: Rede de Simulação Intervenção Túnel
Fonte: Elaboração Própria.

O exposto até o momento é que todas os indicadores operacionais, para fluidez de tráfego, estão em patamares plenamente aceitáveis, sem indicações de problemas de maior porte. Contudo, a engenharia de tráfego permeia por três grandes pilares: mobilidade, acessibilidade e segurança.

Sobre a mobilidade acredita-se que os resultados com as intervenções, até aqui apresentados, esgotam as discussões de boa fluidez, contudo, o acesso da via de terra, dos veículos aumenta a probabilidade de ocorrência de acidentes no local. Deste modo há de se prover soluções, visando a segurança da operação, como a segurança do tráfego misto existente na mineradora. Por isso para a rotatória, adotou-se a geometria de rotatória vazada, com duas faixas internas e faixas de desaceleração para os acessos, com isso acredita-se numa maior fluidez de tráfego e segurança para os condutores que a utilizam.

Para o ponto objeto de estudo túnel que apresenta dois semáforos, com a duplicação da via de terra, as filas de veículos apresentadas no cenário atual serão eliminadas, em razão que não haverá mais necessidade de semáforos em ambos os lados da aproximação do túnel. Deste modo, este local que causava perda de produtividade passa a ter um livre fluxo de tráfego. Vale ressaltar, que este estudo não contempla o Projeto Executivo Geométrico nas interseções, a simulação aborda o projeto conceitual sendo assim possível de mudanças instantâneas quando necessário.

Como forma de abranger o estudo, notou-se que no local onde foi feita a pesquisa ponto 14 que também apresenta um túnel semaforizado de mão única, a consultoria subentende devido ao baixo volume de tráfego apresentado nesta região que não necessita de intervenção ou duplicação neste trecho.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 48/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

O quadro a seguir, mostra os resultados dos parâmetros operacionais da rede de simulação com as duas intervenções, sendo na rotatória do ponto 05 e o túnel entre o P5 e o P6 com a implementação das medidas mitigatórias para o ano de 2025.

Tabela 10.1: Parâmetros Operacionais 2025 c/ Intervenção
Fonte: Acervo Próprio

Parâmetros Operacionais - Cenário Futuro c/ Intervenção (Proposta 1)		
2025		
Densidade - Todos	1,4	veíc/km
Fila Média - Todos	12,13	veíc
Tempo de Atraso - Todos	75,05	seg/km
Tempo de Viagem - Todos	245,17	seg/km
Tempo Parado - Todos	19,56	seg/km
Velocidade - Todos	15,7	km/h

Para o horizonte temporal de 2025, os parâmetros operacionais mais importantes nesta análise que é o tempo parado e a fila média reduzem de forma considerável, que apoia as mudanças geométricas nas intervenções para minimizar os impactos oriundos do crescimento de tráfego para 2025 na operação da mineradora. A comparação do cenário atual com o futuro com as intervenções no âmbito dos indicadores operacionais. Com redução de 36,66% na fila média em toda rede e 21,7% no tempo parado, que diz respeito, ao tempo que o veículo fica parado em segundos em um quilômetro. Como já esperado, o indicador densidade apresenta um aumento, devido a adição de 133 veículos na rede.

Tabela 10.2: Parâmetros Operacionais 2021 x 2025 c/ Intervenção
Fonte: Acervo Próprio

Parâmetros Operacionais - Cenário Atual		Cenário Futuro c/ Intervenção (Proposta 1)		Dif.
Indicadores	2021	2025	unid.	%
Densidade - Todos	1,09	1,4	veíc/km	28%
Fila Média - Todos	19,15	12,13	veíc	-36,66%
Tempo de Atraso - Todos	72,89	75,05	seg/km	3%
Tempo de Viagem - Todos	243,8	245,17	seg/km	1%
Tempo Parado - Todos	24,97	19,56	seg/km	-21,7%
Velocidade - Todos	15,5	15,7	km/h	1%

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PÁGINA 49/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

11. RESULTADOS DO CENÁRIO FUTURO COM INTERVENÇÃO – PROPOSTA 2

A Proposta 2 diz respeito a uma intervenção mais robusta para o local da rotatória. Entender-se-á por robusta a configuração da rotatória com uma passagem inferior, como uma trincheira. Para as duas localidades em que se encontram os túneis (atualmente em restrição de capacidade) continua a proposta de duplicação do local para evitar as filas.

Rotatórias desniveladas são soluções das quais estão associadas uma ou mais rotatórias para as quais são canalizados os movimentos de mudança de direção e da via secundária. Existem várias formas geométricas, porém a mais corriqueira é caracterizada pela existência de uma travessia desnivelada conjugada ou duas rotatórias compactas interligadas por um viaduto central. Tal intervenção, está inserida em um contexto de obra de arte especial e, como a própria concepção o sugere, exigirá uma obra de maior porte com maior movimentação terra, maior esforço operacional e, conseqüentemente, maior custo.

Apesar da amplitude construtiva de maior porte, quando comparado à proposta anterior, há de se inferir que os resultados operacionais, que se diga de passagem, já eram satisfatórios, ficaram ainda melhores. Isso se dá em função da condição operacional proposta para o fluxo principal que é o fluxo que segue sentido Apa do Gelado ou advindo deste.

Condicionar o fluxo principal a não sofrer impedâncias de fluidez permitirá maior eficiência operacional, já que não haverá pontos de entrelaçamento com as vias secundárias, como hoje ocorre. Além disso, um ponto significativamente favorável é a variável segurança, em que, a exposição direta entre os veículos se dará em menor frequência que a proposta anterior e, como consenso acadêmico, quanto maior a exposição de veículos dentro de um sistema viário, maior a probabilidade de ocorrência de algum tipo de intercorrência.

A Tabela a seguir resume os resultados encontrados para a Proposta 2 e, como poderá ser visto, os indicadores operacionais apresentam-se com estimativas significativamente melhores.

Tabela 11.1: Parâmetros Operacionais 2025 c/ Intervenção
Fonte: Acervo Próprio

Parâmetros Operacionais - Cenário Futuro c/ Intervenção (Proposta 2)		
2025		
Densidade - Todos	0,3	veíc/km
Fila Média - Todos	6,1	veíc
Tempo de Atraso - Todos	10,02	seg/km
Tempo de Viagem - Todos	152,17	seg/km
Tempo Parado - Todos	8,12	seg/km
Velocidade - Todos	23,2	km/h

As Figuras a seguir ilustram as intervenções propostas para a Proposta 2.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 50/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

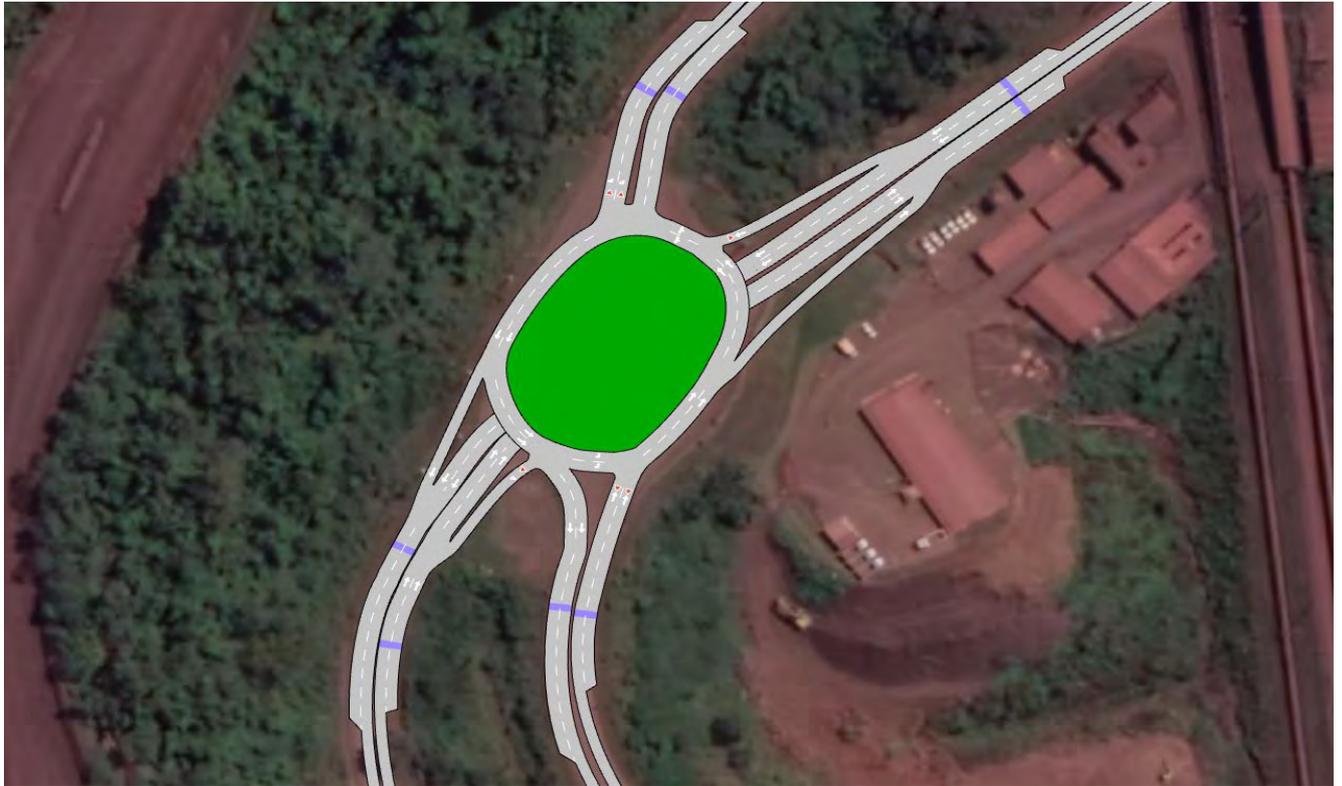


Figura 11.1: Rede de Simulação Intervenção Rotatória Desnível
Fonte: Elaboração Própria.



Figura 11.2: Rede de Simulação Intervenção Túnel 1
Fonte: Elaboração Própria.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 51/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0



Figura 11.3: Rede de Simulação Intervenção Túnel 2
Fonte: Elaboração Própria.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 52/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

12. ANÁLISE COMPARATIVA DE CENÁRIOS

A Tabela a seguir apresenta uma análise comparativa frente às propostas apresentadas neste estudo.

Tabela 12.1: Análise Comparativa Proposta 1 x Proposta 2
Fonte: Elaboração Própria

INDICADOR	UNIDADE	PROPOSTA 1	PROPOSTA 2	%	
Densidade - Todos	veíc/km	1,4	0,3	78,6%	↓
Fila Média - Todos	veíc	12,13	6,1	49,7%	↓
Tempo de Atraso - Todos	seg/km	75,05	10,02	86,6%	↓
Tempo de Viagem - Todos	seg/km	245,17	152,17	37,9%	↓
Tempo Parado - Todos	seg/km	19,56	8,12	58,5%	↓
Velocidade - Todos	km/h	15,7	23,2	47,8%	↑

A Tabela a seguir apresenta as vantagens e desvantagens para cada uma das propostas.

Tabela 12.2: Vantagens e Desvantagens
Fonte: Elaboração Própria

PROPOSTAS	VANTAGEM	DESvantAGEM
PROPOSTA 1 Rotatória Vazada 	Menor Custo Menor tempo de Obra Menor impacto no sistema viário Controle operacional	Maior número de pontos de conflito Maior tempo de exposição Velocidade variável Requer iluminação
PROPOSTA 2 Rotatória em Desnível 	Redução de Ponsto de Conflito Movimentos mais seguros Fluidez do tráfego Alta capacidade de absorção Velocidade constante na via principal Controle operacional	Maior Custo Maior tempo de Obra Maior impacto no sistema viário Maior movimentação de terra Requer iluminação

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 53/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

Além das informações contidas na Tabela anterior, há de se refletir sobre aspectos importantes em relação à Proposta 2 para a contribuição da circulação local como, por exemplo, o fato de que o processo construtivo desta acarretará em alocação de todo o fluxo em um sistema viário diferente e que, por muitas vezes, não encontra-se preparado para absorção do tráfego desviado.

Não obstante, há ainda questões importante de geotecnia que precisam ser levadas em consideração sobretudo as condições da drenagem a qual interseção se encontra e a qual pretende-se chegar. O nível de complexidade da drenagem, em várias situações pode ser um fator impeditivo para construções de obras de arte neste nível.

Há de se levar em questão o fator econômico de uma obra deste porte que, a priori, não foi levantado neste estudo. Fazer-se-á necessário um estudo de viabilidade técnica e econômica de modo a entender a eficiência de uma interseção como esta frente ao aporte financeira que será despendido pela construção desta obra de arte. Estimativas como VPL, IRI e TR deverão ser calculadas de modo a entender melhor o nível de investimento e o retorno obtido pela obra.

Diante do exposto, a presente consultora tende a indicar a **Proposta 1** que diz respeito à rotatória vazada, uma vez que, a complexidade/orçamento da intervenção será significativamente menor que a Proposta 2 e os ganhos também são relevantes para o fluxo que irá circular pela região.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PÁGINA 54/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

13. CONCLUSÕES

A JM Souto engenharia e consultoria ltda, apresenta à Vale S/A o Relatório de Impacto de Trânsito (RIT) que servirá de subsídio para implantação das medidas mitigatórias dentro da área interna da Mina de Carajás. O objetivo das intervenções é permitir maior fluidez e segurança ao tráfego dos veículos leves e pesados de minério que atualmente cruzam o sistema viário da mineradora.

O foco deste trabalho contempla o subtrecho 4 dentro da mina de carajás que apresenta um percurso total de 10,5km. Saindo da mina de Carajás são mais 13,5 km na estrada da Apinha, que se trata de uma rodovia nova e em ótimas condições de tráfego. Este subtrecho contempla o estudo aprofundado das condições operacionais de tráfego no local, sendo necessário o uso de software de simulação de tráfego para compreender o fluxo de veículos e suas particularidades no local.

As principais considerações para este intervalo provêm do esquema operacional da mineradora, que identifica os principais gargalos de trafegabilidade e sugestão de correções para ser tratada com a operação da Mina.

De forma geral, esse estudo de tráfego desenvolveu-se conforme as seguintes etapas: levantamento de campo, englobando também realização de pesquisas nas interseções selecionadas; processamento dos dados obtidos no levantamento de campo, impetrando-se assim o VHP (veículos na hora de pico), variação de fluxo ao longo do dia e os níveis de serviço das interseções.

A análise do tráfego utilizando câmeras possui muitas vantagens em relação aos outros meios de monitoramento. As câmeras possuem fácil instalação, não causam danos às estradas e possuem custo relativamente baixo de instalação e manutenção. O tipo de contagem realizada no ponto de estudo foi de modo automático em que os veículos são detectados através de tubos pneumáticos ou dispositivos magnéticos, sonoros, radar, células fotoelétricas, etc. Para o presente contexto, utilizou-se uma filmadora do tipo Sony DCR SR68 com capacidade interna de armazenamento.

A contagem realizada foi do tipo classificatória onde são registrados os volumes para os vários tipos ou classes de veículos. Os resultados mostram que a hora de pico de maior movimentação no complexo de Carajás está entre 07h00 e 08h00 com um volume de circulação da ordem de 1.495 veículos. Esse resultado permite inferir, como já era de se esperar, que dentro da mineradora não foram registrados nenhuma motocicleta, devido a proibição de sua circulação.

A alocação de viagens futuras foi realizada baseando-se nas indicações da quantidade de frota necessárias disponibilizadas pela própria contratada. Para tanto, infere-se **133 veículos** que serão alocados no sistema viário local da Vale S/A. Da geração de frota, entre os 133 veículos, 80 são de veículos leves, 22 ônibus e 31 caminhões.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 55/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

Partindo para os resultados da simulação de tráfego dentro do complexo de Carajás, o que se pode verificar, pelos resultados da simulação é que o cenário atual, ou seja, sem adição dos novos 133 veículos que o sistema apresentou gargalos notáveis em dois pontos. O primeiro se diz na rotatória onde foi realizada a pesquisa de tráfego ponto 05, e o segundo entre as pesquisas de tráfego ponto 05 e 06, um túnel de mão única.

Com isso, para o horizonte temporal de 2025, foi possível propor novas soluções para mitigar os problemas operacionais ocasionados pelo aumento de veículos na rede nos pontos de análise. Para a rotatória do P5 foi proposto a intervenção de uma rotatória vazada e rotatória em desnível para aumentar a fluidez de veículos e a segurança no local. O outro ponto, diz respeito aos tuneis entre o P5, P6 e P14 a proposta é a duplicação da faixa, sendo assim possível a retirada do semáforo que ocasiona filas na extensão do link.

Por fim, a comparação do cenário atual com o futuro com as intervenções no âmbito dos indicadores operacionais. Com redução de 36,66% na fila média em toda rede e 21,7% no tempo parado, que diz respeito, ao tempo que o veículo fica parado em segundos em um quilômetro. Como já esperado, o indicador densidade apresenta um aumento, devido a adição de 133 veículos na rede. Conclui-se que com as intervenções corretas a rede suporta o aumento de tráfego sem grandes filas ou perda de produtividade.

Diante do exposto, a presente consultora tende a indicar a **Proposta 1** que diz respeito à rotatória vazada, uma vez que, a complexidade/orçamento da intervenção será significativamente menor que a Proposta 2 e os ganhos também são relevantes para o fluxo que irá circular pela região.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 56/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. Guidelines for Traffic Data Programs. Washington, D.C. – USA, 1992

ARTESP, (2004). Procedimentos práticos para calculo da capacidade viária e determinação do nível de serviço.

BRASIL (1998). Guia de redução de acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Pesquisas e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: DCTec. 140p.

BRASIL. DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de estudos de tráfego. Rio de Janeiro, 2006. 384p.

CET - Cia. de Engenharia de Tráfego (1983) Pólos Geradores de Tráfego. Boletim Técnico nº. 32. São Paulo.

CET - Cia. de Engenharia de Tráfego (2000). Pólos Geradores de Tráfego II. Boletim Técnico nº. 36. São Paulo.

DENATRAN (2001). Manual de Procedimentos para o Tratamento de Pólos Geradores de Tráfego. Departamento Nacional de Trânsito. Brasília.

DNIT (2006) Manual de estudos de tráfego. - Rio de Janeiro, 2006. 384 p. (IPR. Publ., 723).
Morris, J.M.; Dumble, P.L.; Wigan, M.R. (1979). Accessibility indicators for transport planning. Transportation Research, Part A, v.13, n.2, p.91-109.

P, ALVES. (2011). Mobilidade e Acessibilidade Urbanas Sustentáveis: A Gestão da Mobilidade. 2011.

PINTO, A. B.; DIÓGENES, M.C. e LINDAU, L. A. (2003). Quantificação dos Impactos de Pólos Geradores de Tráfego. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

PORTUGAL, L. S., GOLDNER, L. G. (2003). Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transportes.

RAIA Jr, A.A.; SILVA, A.N.R.; BRONDINO, N.C.M. (1997). Comparação entre Medidas de Acessibilidade para Aplicação em Cidades Brasileiras de Médio Porte. In: XI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ANPET, 1997. v. 2. p. 997-1008.

RAIA Jr., A.A. (2000). Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice de Potencial de Viagens utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informação. Tese, Doutorado em Engenharia Civil – Transportes pela Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 57/58
			Nº JMSOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

REDE PGV. Rede Íbero-Americana de Estudos em Pólos Geradores de Viagens. Disponível em: <http://redpgv.coppe.ufrj.br>. Acessada em: abril de 2011.

SETTI, J. R. DEMARCHI, H. S. (2010). Análise de Capacidade e Nível de Serviço de Segmentos Básicos de Rodovias utilizando o HCM 2000. São Paulo.

SINAY, M. C. F. e TAMAYO, A. S. (2005) Segurança Viária: Uma Visão Sistêmica. In: Rio de Transportes III, Rio de Janeiro.

TAGORE, M.R.; SIKDAR, P.K.1995. A new accessibility measure accounting mobility parameters. Paper presented at 7 th World Conference on Transport Research. The University of New South Wales, Sydney, Austrália.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NACIONAL ACADEMY OF SCIENCES. HCM 2000 – Highway Capacity Manual 2000. USA, 2000.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NACIONAL ACADEMY OF SCIENCES. HCM 2010 – Highway Capacity Manual 2010 Volume 1. USA, 2010.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NACIONAL ACADEMY OF SCIENCES. HCM 2010 – Highway Capacity Manual 2010 Volume 2. USA, 2010.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NACIONAL ACADEMY OF SCIENCES. HCM 2010 – Highway Capacity Manual 2010 Volume 3. USA, 2010.

		CLASSIFICAÇÃO RESTRITO	PROJETO ALEMÃO B0040-00	
PROJETO BÁSICO ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTUDOS TÉCNICOS ESTUDO DE TRÁFEGO RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-0510IB-G-03309	PAGINA 58/58
			Nº JM SOUTO JCVR88A2-01-1-EG-RLT-0002	REV. 0

15. ANEXO



TABULAÇÃO DNIT
PONTO 3 ALEMÃO.xls



TABULAÇÃO DNIT
PONTO 4 ALEMÃO.xls



TABULAÇÃO DNIT
PONTO 5 ALEMÃO.xls



TABULAÇÃO DNIT
PONTO 6 ALEMÃO.xls



TABULAÇÃO DNIT
PONTO 8 ALEMÃO.xls



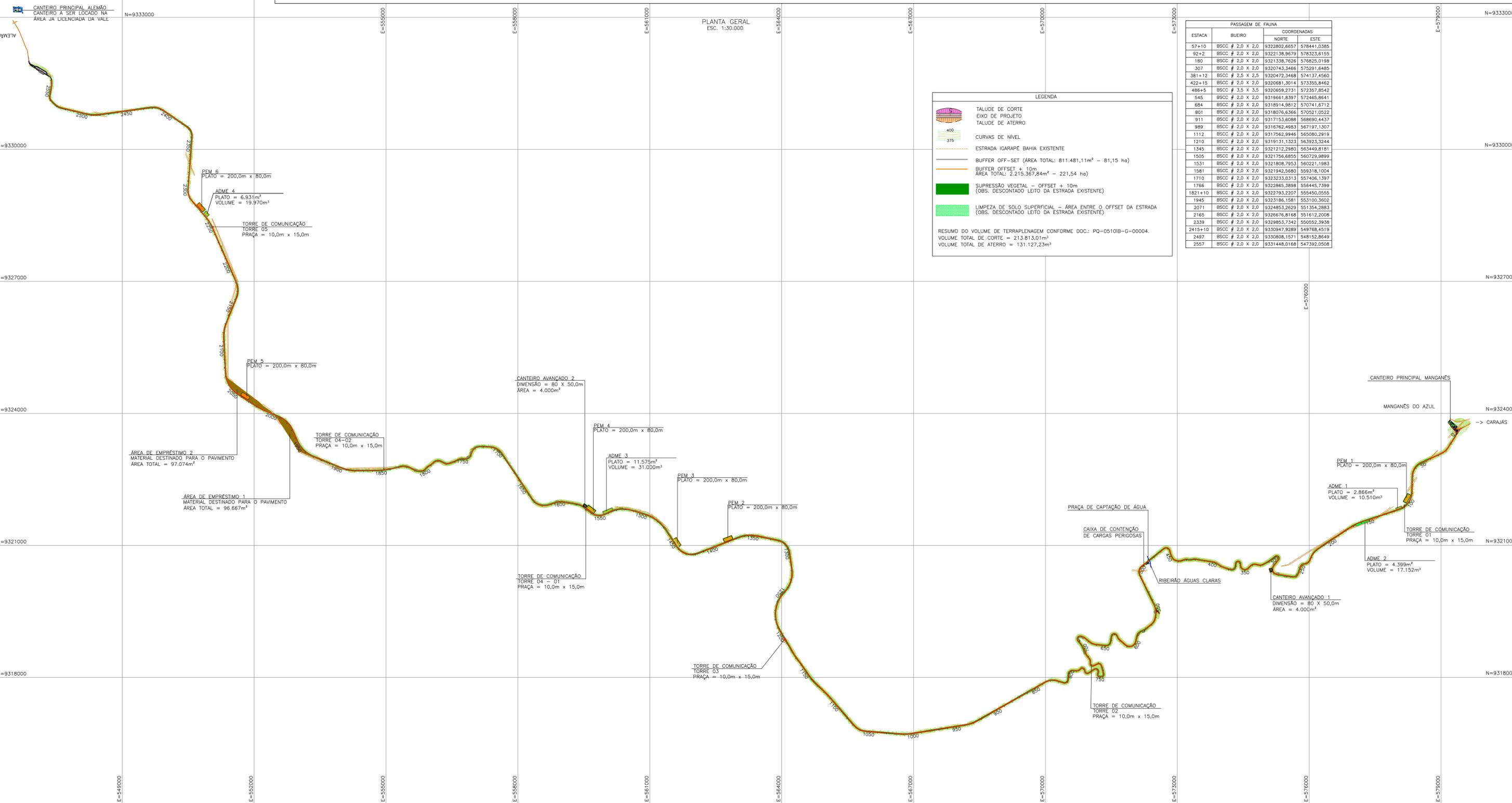
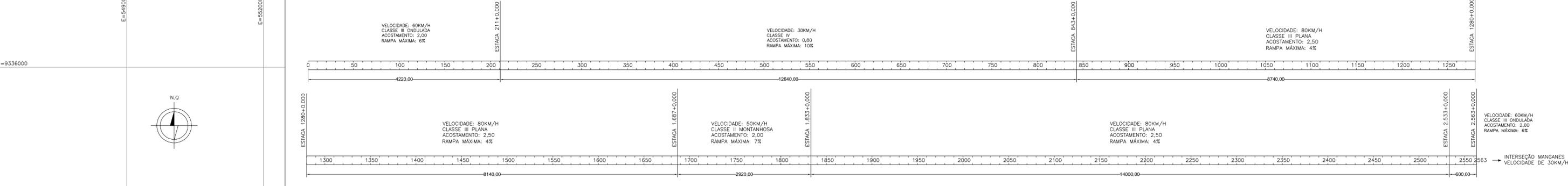
TABULAÇÃO DNIT
PONTO 10 ALEMÃO.x



TABULAÇÃO DNIT
PONTO 14 ALEMÃO.x

ANEXO 04 ADEQUAÇÕES DA ESTRADA DO IGARAPÉ BAHIA

4.1 Projeto de engenharia da adequação da Estrada do Igarapé Bahia.

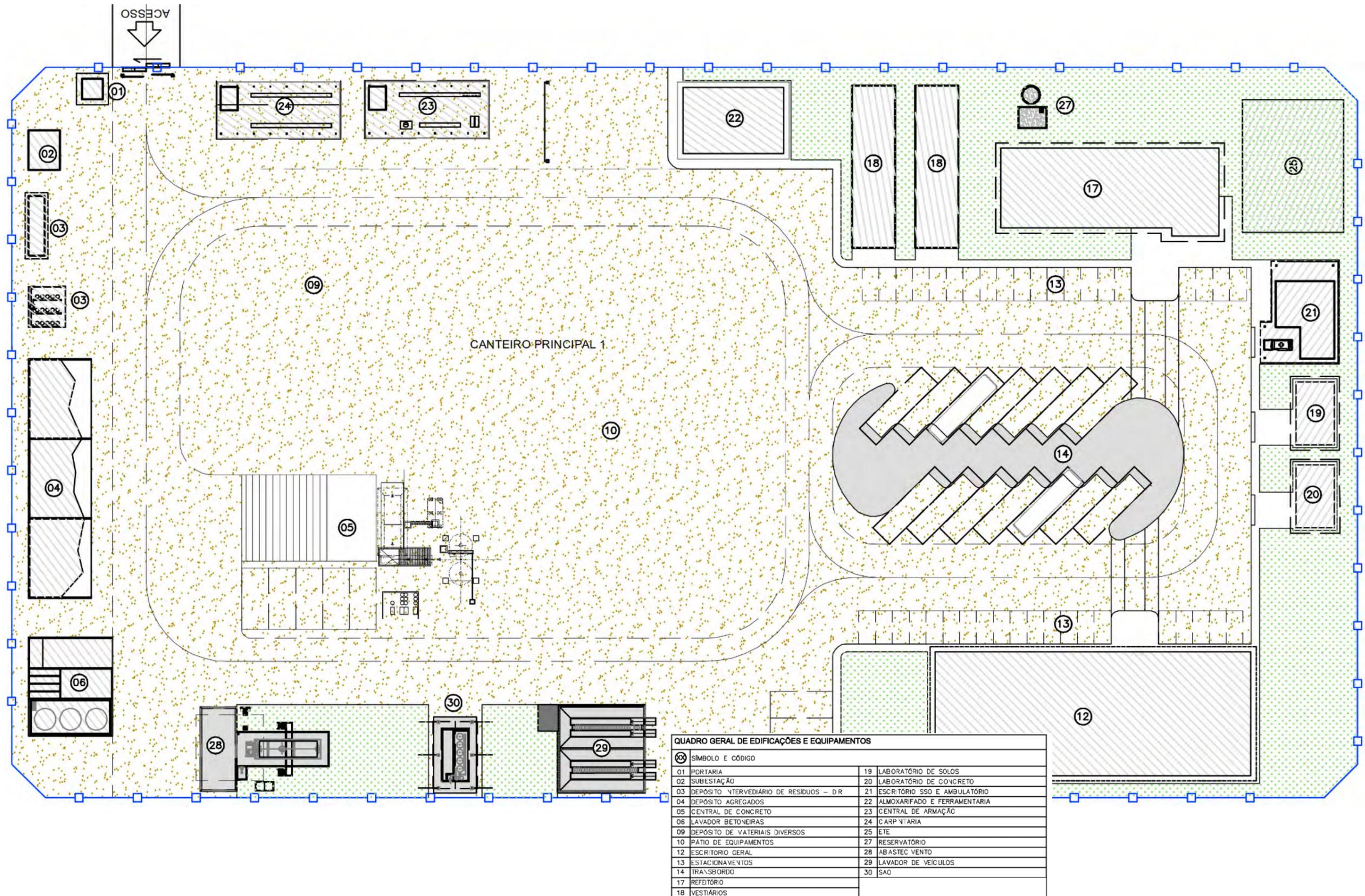


ESTACA	BUEIRO	COORDENADAS	
		NORTE	ESTE
57+10	BSCC # 2,0 X 2,0	9322802,6657	578441,0385
92+2	BSCC # 2,0 X 2,0	9322138,9679	578323,6155
180	BSCC # 2,0 X 2,0	9321338,7626	578825,0198
307	BSCC # 2,0 X 2,0	9320743,3466	575291,6485
381+12	BSCC # 2,5 X 2,5	9320472,3468	574137,4560
422+15	BSCC # 2,0 X 2,0	9320681,3074	573355,8462
486+5	BSCC # 3,5 X 3,5	9320589,2731	572357,8542
545	BSCC # 2,0 X 2,0	9319661,8397	572465,8641
684	BSCC # 2,0 X 2,0	9318914,9812	570741,6712
801	BSCC # 2,0 X 2,0	9318076,6366	570521,0522
911	BSCC # 2,0 X 2,0	9317153,6088	568690,4437
989	BSCC # 2,0 X 2,0	931762,4983	567197,1307
1112	BSCC # 2,0 X 2,0	9317562,9946	565080,2919
1210	BSCC # 2,0 X 2,0	9319131,1323	563923,3244
1345	BSCC # 2,0 X 2,0	93212,2980	563449,8181
1505	BSCC # 2,0 X 2,0	9321756,6855	560729,0899
1531	BSCC # 2,0 X 2,0	9321808,7953	560221,1983
1581	BSCC # 2,0 X 2,0	9321942,5680	559318,1004
1710	BSCC # 2,0 X 2,0	9323233,0313	557406,1397
1766	BSCC # 2,0 X 2,0	9322865,3898	556445,7399
1821+10	BSCC # 2,0 X 2,0	9322793,2207	555450,0555
1945	BSCC # 2,0 X 2,0	9323186,1581	553100,3602
2071	BSCC # 2,0 X 2,0	9324853,2629	551354,2863
2165	BSCC # 2,0 X 2,0	9326676,9168	551612,2008
2339	BSCC # 2,0 X 2,0	9329853,7342	550552,3938
2415+10	BSCC # 2,0 X 2,0	9330947,9289	549768,4519
2497	BSCC # 2,0 X 2,0	9330808,1571	548152,8649
2557	BSCC # 2,0 X 2,0	9331448,0168	547392,0508

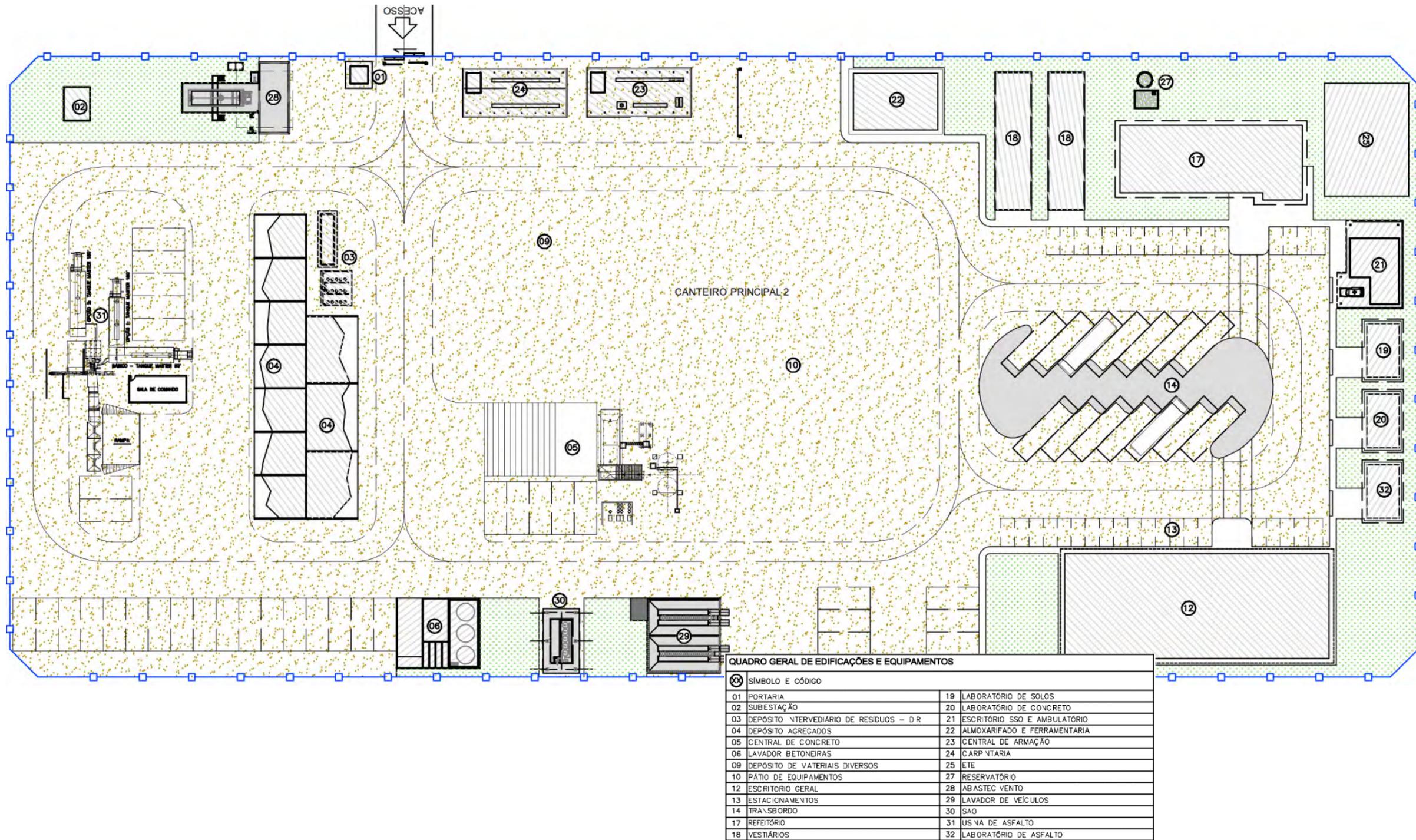
4.2 Pontos estratégicos – Definição dos Canteiros de Obras

Projetos Típicos dos Canteiros Principais 1 e 2; Sistemas de controle ambiental a serem implementados para mitigação de impactos nos Canteiros Principais – Obra de adequação da Estrada do Igarapé Bahia.

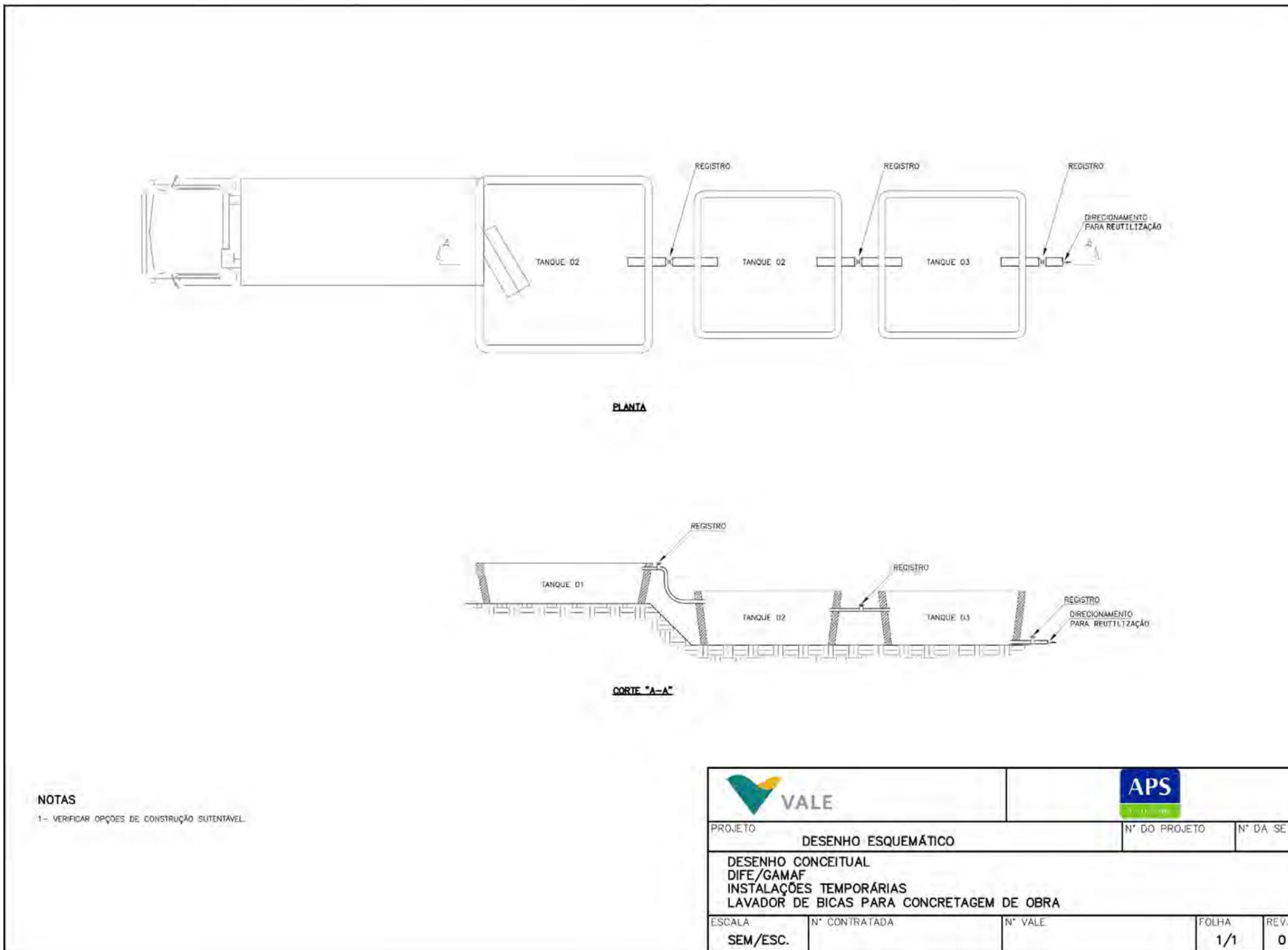
Desenho 4.2-1 - Projeto Típico do Canteiro Principal 1, localizado no trevo de acesso entre Mangangês do Azul e estrada do Igarapé Bahia.



Desenho 4.2-2 - Projeto Típico do Canteiro Principal 2, localizado em área específica dentro do Site do Projeto Alemão.



Desenho 4.2-3 - Projeto Típico do Sistema de Decantação para reuso de efluentes de lavagem de bicas e betoneiras a ser implantado nos canteiros principais da adequação da Estrada do Igarapé Bahia.

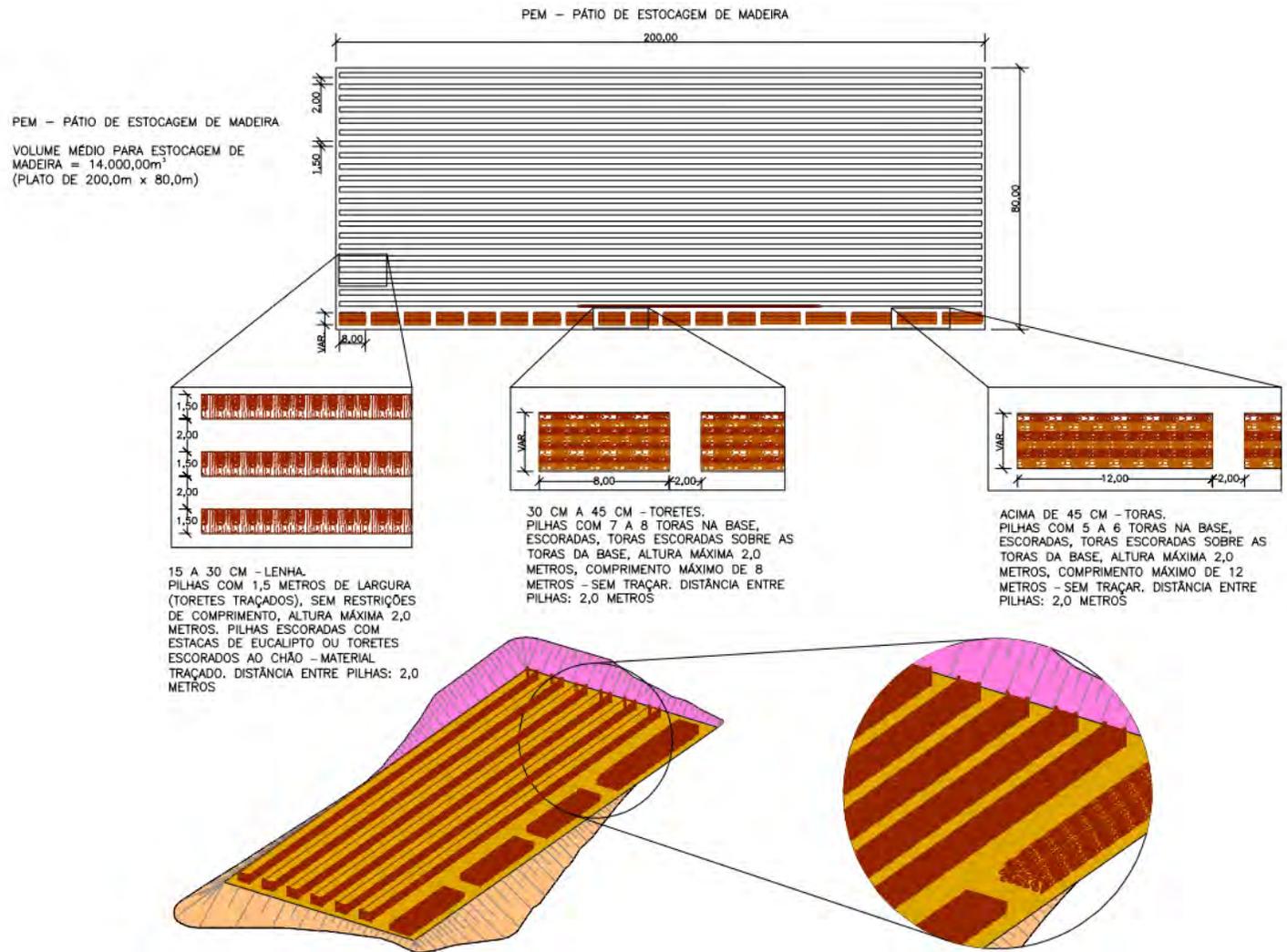


4.3 Pontos Estratégicos – Definição de áreas para Pátios de Estocagem de Madeira – PEM's

Desenho esquemático dos critérios e premissas adotados para dimensionamento da capacidade de estocagem dos Pátios de Estocagem de Madeira ao longo da Adequação da Estrada do Igarapé Bahia.



Desenho 4.3-1 Desenho esquemático dos critérios e premissas adotados para dimensionamento da capacidade de estocagem dos Pátios de Estocagem de Madeira ao longo da Adequação da Estrada do Igarapé Bahia.



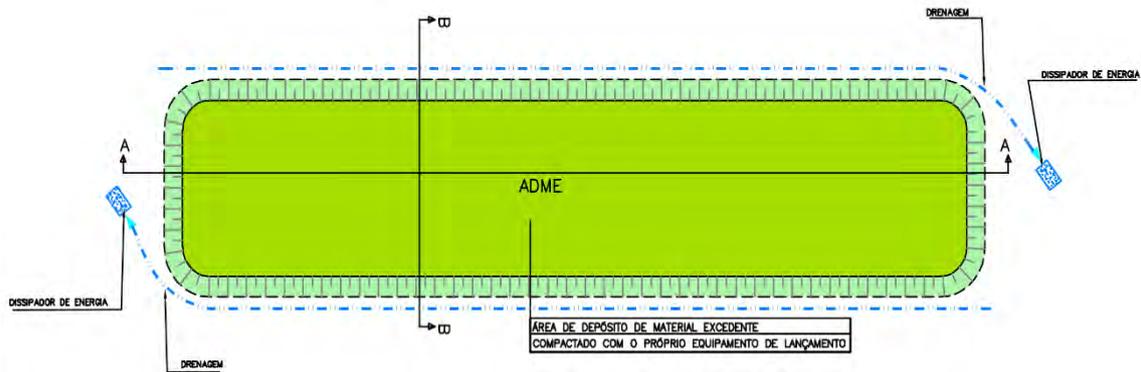
4.4 - Definição das Áreas de Deposição de Materiais Excedentes – ADME's.

Layout típico de disposição de materiais nas ADME's, seções transversais típicas, e projeto geométrico das ADME's previstas para a Adequação da Estrada do Igarapé Bahia.

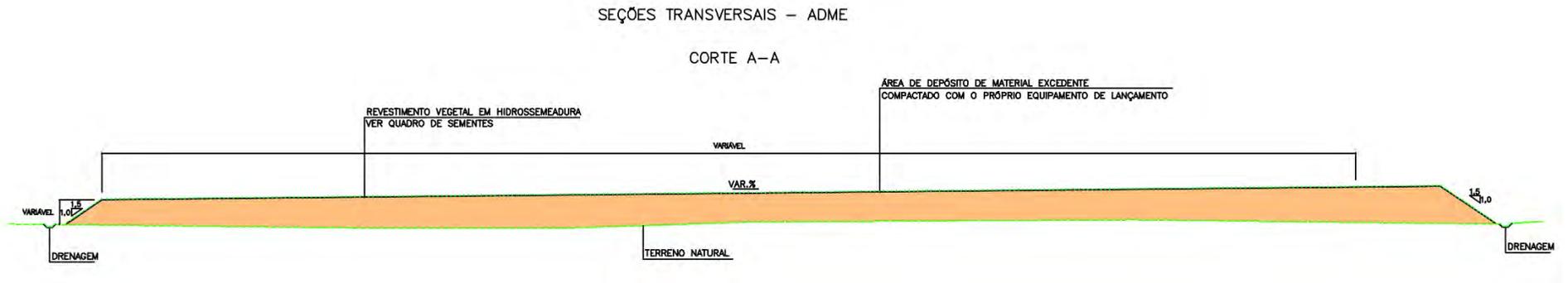


Desenho 4.4-1 - Layout de disposição de materiais em ADME's, indicando as medidas de controle a serem adotadas.

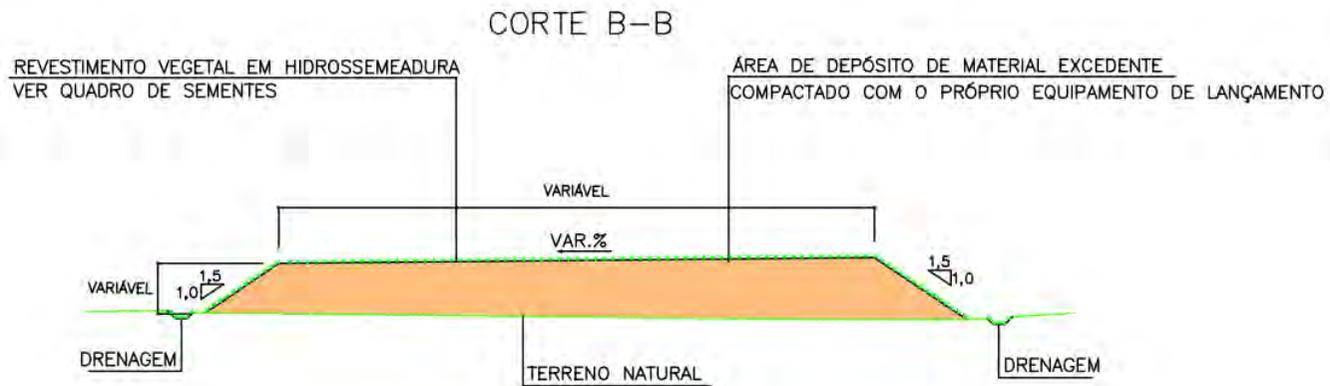
PLANTA – LAYOUT DE DISPOSIÇÃO DA ADME



Desenho 4.4-2 - Seções transversais de ADME's, indicando as medidas de controle a serem adotadas.



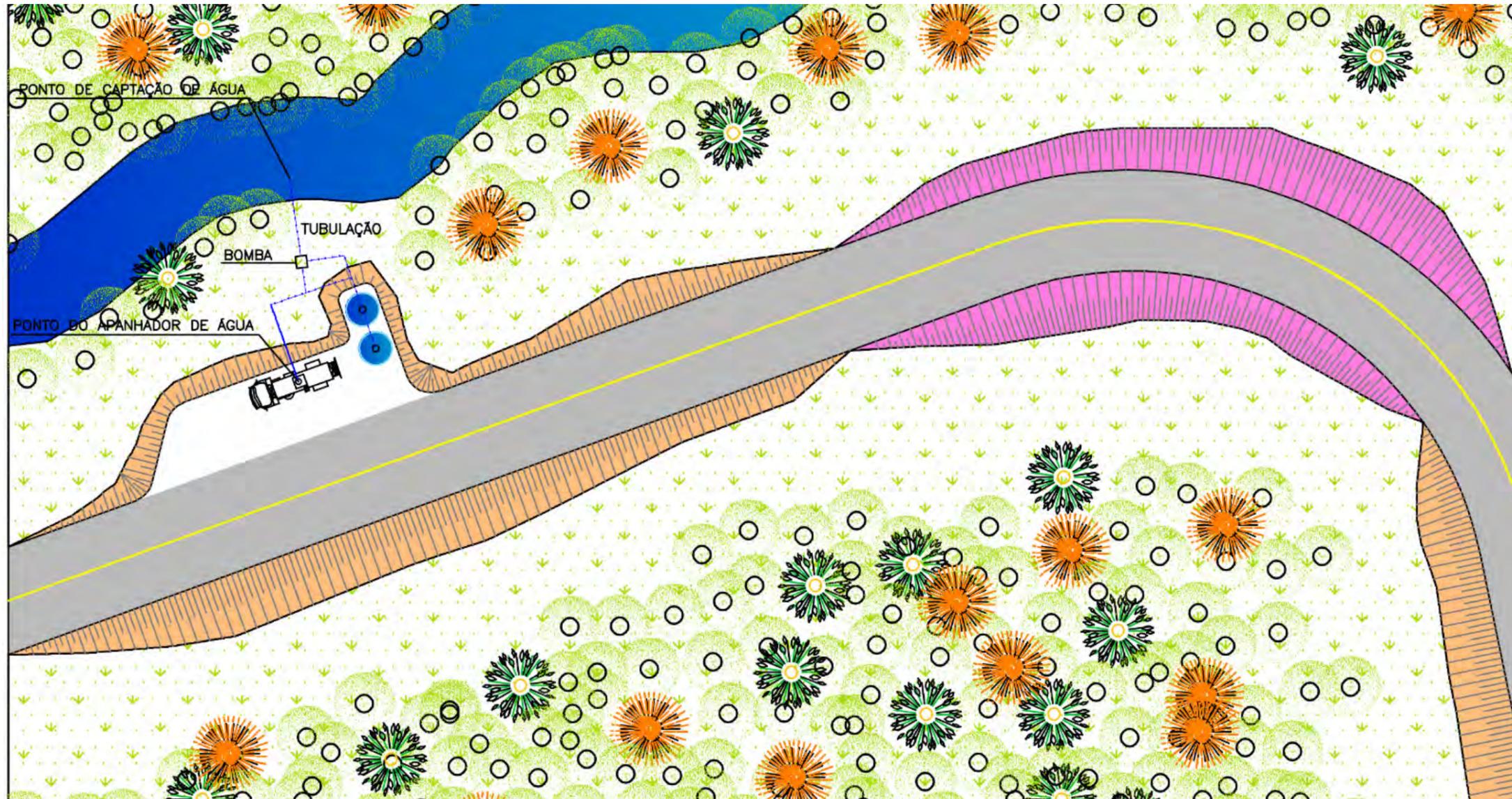
SEÇÕES TRANSVERSAIS – ADME



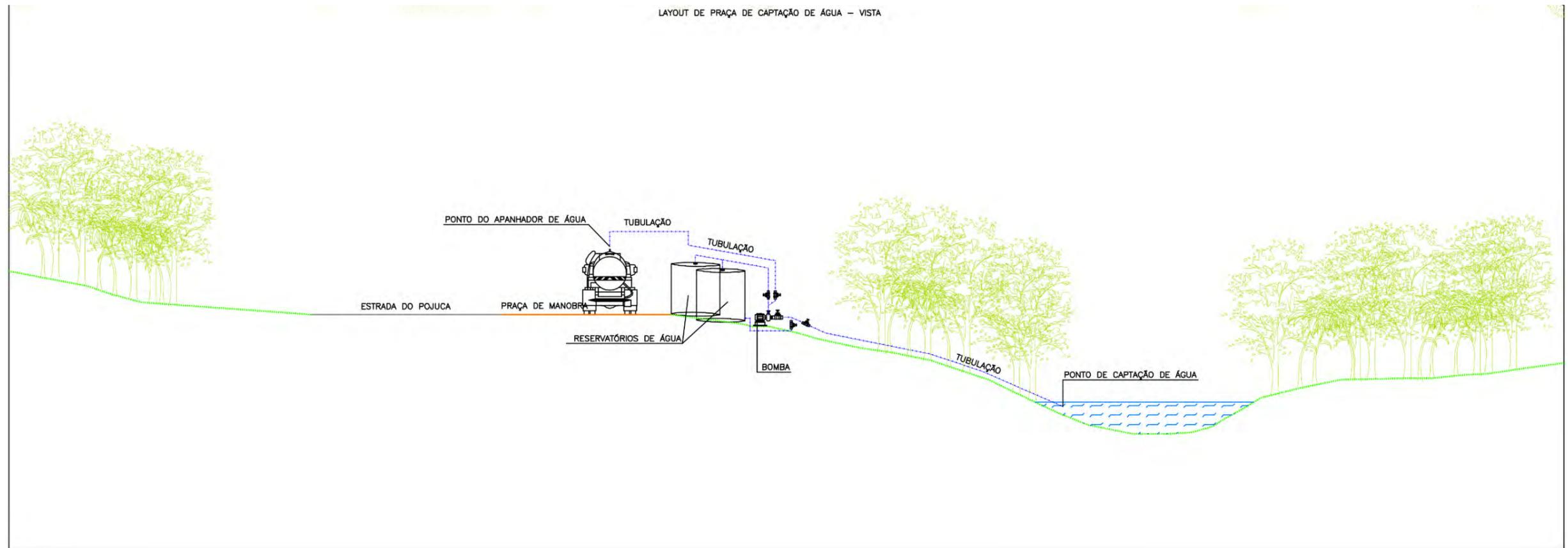
4.5 Pontos Estratégicos – Definição de pontos para Captação de Água Superficial para apoio à fase de implantação do Projeto.

Projeto típico / *layout* das praças de captação de águas superficiais.

Desenho 4.5-1 - Projeto típico/layout das praças de captação de águas superficiais.



Desenho 4.5-2 - Projeto típico/layout das praças de captação de águas superficiais.



4.6 Medidas para Mitigação do Impacto de Atropelamento de Fauna.

Passagens Inferiores para Fauna.

Dispositivos de Sinalização Preventiva e de Advertência.

Quadro 4.6-1 Relação de dispositivos para passagem inferior de fauna.

N Sirgas 2000	E Sirgas 2000	Estaca	Tipo de dispositivo e seção projetada	Comentarios	Km	Distância entre passagens de fauna
9322775,732	578393,9427	57+10	BSCC # 2,0 X 2,0		1,15	0,692
9322112,0283	578276,5161	92+2	BSCC # 2,0 X 2,0		1,842	1,758
9321311,8183	576777,9153	180	BSCC # 2,0 X 2,0		3,6	2,54
9320716,3995	575244,5399	307	BSCC # 2,0 X 2,0	Exclusivo	6,14	1,492
9320445,3991	574090,3452	381+12	BSCC # 2,5 X 2,5	Exclusivo	7,632	0,823
9320654,3566	573308,7364	422+15	BSCC # 2,0 X 2,0	Exclusivo	8,455	1,27
9320632,3290	572310,7446	486+5	BSCC # 3,50 X 3,50		9,725	1,175
9319634,8866	572418,7489	545	BSCC # 2,0 X 2,0	Exclusivo	10,9	2,78
9318888,0231	570694,5524	684	BSCC # 2,0 X 2,0		13,68	2,34
9318049,6693	570473,9280	801	BSCC # 2,0 X 2,0	Exclusivo	16,02	2,2
9317126,6277	568643,3122	911	BSCC # 2,0 X 2,0		18,22	1,56
9316735,5123	567149,9962	989	BSCC # 2,0 X 2,0		19,78	2,46
9317536,0242	565033,1647	1112	BSCC # 2,0 X 2,0		22,24	1,96
9319104,1826	563876,2087	1210	BSCC # 2,0 X 2,0		24,2	2,7
9321185,3670	563402,7149	1345	BSCC # 2,0 X 2,0		26,9	3,2
9321729,7618	560682,8910	1505	BSCC # 2,0 X 2,0		30,1	0,52
9321781,8725	560174,0999	1531	BSCC # 2,0 X 2,0		30,62	1
9321915,6471	559271,0032	1581	BSCC # 2,0 X 2,0		31,62	2,58
9323206,1233	557359,0512	1710	BSCC # 2,0 X 2,0		34,2	1,12
9322838,4795	556398,6495	1766	BSCC # 2,0 X 2,0		35,32	1,11
9322766,3106	555402,9651	1821+10	BSCC # 2,0 X 2,0		36,43	2,47
9323159,2519	553053,2759	1945	BSCC # 2,0 X 2,0		38,9	2,52
9324826,3712	551307,2175	2071	BSCC # 2,0 X 2,0		41,42	1,88
9326649,9406	551565,1413	2165	BSCC # 2,0 X 2,0	Exclusivo	43,3	3,48
9329826,8849	550505,3566	2339	BSCC 2,00X2,00		46,78	1,53
9330921,0888	549721,4232	2415+10	BSCC # 2,0 X 2,0		48,31	1,63
9330781,3158	548105,8383	2497	BSCC # 2,0 X 2,0		49,94	1,2
9331421,1808	547345,0298	2557	BSCC # 2,0 X 2,0		51,14	

Média de uma passagem de fauna a cada 1,85 km

Máxima distância entre passagens de fauna 2,78 km

Fonte: Vale, 2022

Nota:

BSCC: Bueiro Simples Celular de Concreto.

Exclusivo: Dispositivo de transposição projetado exclusivamente para passagem de fauna, sem função hidráulica.

Quadro 4.6-2 Relação de bueiros a serem construídos com a Adequação da Estrada do Igarapé Bahia.

N Sirgas 2000	E Sirgas 2000	Estaca	Tipo de dispositivo e seção projetada	Comentários	Km	Distância entre bueiros
9322775,732	578393,9427	57+10	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	1,15	0,692
9322112,0283	578276,5161	92+2	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	1,842	0,594
9321743,9080	577852,9065	121+16	BSTC Ø 1,20		2,436	0,569
9321557,6704	577296,8654	150+5	BSTC Ø 1,20		3,005	0,595
9321311,8183	576777,9153	180	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	3,6	1,185
9320565,4902	575887,2539	239+5	BSTC Ø 1,20		4,785	0,327
9320334,6202	575699,0486	255+12	BTTC Ø 1,20		5,112	0,452
9320303,8933	575285,3800	278+4	BSTC Ø 1,20		5,564	0,521
9320666,5239	575260,1404	304+5	BSTC Ø 1,20		6,085	0,055
9320716,3995	575244,5399	307	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	6,14	0,48
9320522,9935	574825,0751	331	BSTC Ø 1,20		6,62	0,18
9320529,8959	574649,2860	340	BSTC Ø 1,20		6,8	0,31
9320474,4490	574399,1469	355+10	BDTC Ø 1,20		7,11	0,33
9320463,9701	574261,6619	372	BSTC Ø 1,20		7,44	0,192
9320445,3991	574090,3452	381+12	BSCC # 2,5 X 2,5	Com passagem de fauna	7,632	0,428
9320605,6998	573699,0267	403	BDTC Ø 1,20		8,06	0,247
9320640,8272	573454,3539	415+7	BSTC Ø 1,20		8,307	0,148
9320654,3566	573308,7364	422+15	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	8,455	0,625
9320804,3831	572790,4433	454	BDTC Ø 1,20		9,08	0,645
9320632,3290	572310,7446	486+5	BSCC # 3,50 X 3,50	Com passagem de fauna	9,725	0,185
9320515,7589	572165,3491	495+10	BSTC Ø 1,20		9,91	0,99
9319634,8866	572418,7489	545	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	10,9	0,233
9319408,8993	572462,3779	556+13	BSTC Ø 1,20		11,133	0,487
9319044,6868	572178,9958	581	BSTC Ø 1,20		11,62	0,14
9318969,0443	572063,2739	588	BSCC Ø 2,00X2,00		11,76	0,689
9318843,1773	571620,1339	622+9	BSTC Ø 1,20		12,449	0,191
9318958,9443	571494,9148	632	BTTC Ø 1,20		12,64	0,146
9318830,5621	571440,9472	639+6	BSTC Ø 1,20		12,786	0,574
9318772,1757	570967,1050	668	BSTC Ø 1,20		13,36	0,2
9318891,8309	570805,6189	678	BTTC Ø 1,20		13,56	0,12
9318888,0231	570694,5524	684	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	13,68	0,276
9318650,1649	570802,0813	697+16,00	BSTC Ø 1,20		13,956	0,169
9318502,0298	570875,4626	706+5	BSTC Ø 1,20		14,125	0,225
9318307,1008	570972,5271	717+10	BSTC Ø 1,20		14,35	0,243

N Sirgas 2000	E Sirgas 2000	Estaca	Tipo de dispositivo e seção projetada	Comentários	Km	Distância entre bueiros
9318284,4673	571152,4142	729+13	BSTC Ø 1,20		14,593	0,267
9318071,4384	571270,1513	743	BSTC Ø 1,20		14,86	0,403
9318165,4132	571076,3895	763+3	BSTC Ø 1,20		15,263	0,084
9318121,8711	571004,9120	767+7	BSTC Ø 1,20		15,347	0,243
9318158,1122	570836,6706	779+10	BSTC Ø 1,20		15,59	0,43
9318049,6693	570473,9280	801	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	16,02	0,893
9317771,7930	569779,7047	845+13	BSTC Ø 1,20		16,913	0,274
9317636,7747	569541,8580	859+7	BSTC Ø 1,20		17,187	1,033
9317126,6277	568643,3122	911	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	18,22	1,56
9316735,5123	567149,9962	989	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	19,78	1,33
9316755,5690	565827,1290	1055+10	BSTC Ø 1,20		21,11	1,13
9317536,0242	565033,1647	1112	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	22,24	0,24
9317705,7889	564863,5275	1124	BSTC Ø 1,20		22,48	0,556
9318122,8848	564496,8961	1151+16	BSTC Ø 1,20		23,036	1,164
9319104,1826	563876,2087	1210	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	24,2	0,622
9319706,7818	563873,8098	1241+2	BSTC Ø 1,20		24,822	0,258
9319919,3208	564018,5121	1254	BSTC Ø 1,20		25,08	0,96
9320846,8832	564120,6615	1302+17	BSTC Ø 1,20		26,04	0,251
9321037,0369	563987,7243	1314+11	BSTC Ø 1,20		26,291	0,246
9321111,3014	563756,7913	1326+17	BSTC Ø 1,20		26,537	0,363
9321185,3670	563402,7149	1345	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	26,9	0,112
9321200,8190	563292,0994	1350+12	BSTC Ø 1,20		27,012	1,164
9320849,9299	562190,7223	1408+16	BSTC Ø 1,20		28,176	0,564
9320849,9545	561659,0129	1437	BSCC 2,00X2,00		28,74	0,326
9321108,2517	561463,3781	1453+6	BSTC Ø 1,20		29,066	1,034
9321729,7618	560682,8910	1505	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	30,1	0,52
9321781,8725	560174,0999	1531	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	30,62	0,45
9321658,3489	559748,1694	1553+10	BSTC Ø 1,20		31,07	0,55
9321915,6471	559271,0032	1581	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	31,62	0,847
9321899,5028	558442,7770	1623+7	BSTC Ø 1,20		32,467	0,118
9321957,4218	558340,4987	1629+5	BSTC Ø 1,20		32,585	0,09
9322023,5783	558279,3737	1633+15	BSTC Ø 1,20		32,675	0,125
9322126,9976	558209,4094	1640	BSTC Ø 1,20		32,8	1,23
9323138,7073	557512,3261	1701+10	BSTC Ø 1,20		34,03	0,17
9323206,1233	557359,0512	1710	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	34,2	0,146
9323216,3619	557213,0509	1717+6	BSTC Ø 1,20		34,346	0,304

N Sirgas 2000	E Sirgas 2000	Estaca	Tipo de dispositivo e seção projetada	Comentários	Km	Distância entre bueiros
9323148,6719	556932,5663	1732+10	BSTC Ø 1,20		34,65	0,17
9322994,2265	556860,3606	1741	BDTC Ø 1,20		34,82	0,12
9322939,9515	556758,1424	1747	BSTC Ø 1,20		34,94	0,316
9322859,1532	556459,5817	1762+16	BSTC Ø 1,20		35,256	0,064
9322838,4795	556398,6495	1766	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	35,32	0,17
9322864,2152	556236,7386	1774+10	BSTC Ø 1,20		35,49	0,59
9322661,0144	555730,8952	1804	BSTC Ø 1,20		36,08	0,163
9322698,7758	555575,5719	1812+3	BSTC Ø 1,20		36,243	0,187
9322766,3106	555402,9651	1821+10	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	36,43	2,37
9323098,7364	553109,1927	1940	BSTC Ø 1,20		38,8	0,1
9323159,2519	553053,2759	1945	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	38,9	0,067
9323211,0755	553010,9123	1948+7	BSTC Ø 1,20		38,967	2,453
9324826,3712	551307,2175	2071	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	41,42	1,88
9326649,9406	551565,1413	2165	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	43,3	3,19
9329538,0735	550483,2794	2324+10	BSTC Ø 1,20		46,49	0,29
9329826,8849	550505,3566	2339	BSCC 2,00X2,00	Com passagem de fauna	46,78	1,53
9330921,0888	549721,4232	2415+10	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	48,31	1,63
9330781,3158	548105,8383	2497	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	49,94	1,2
9331421,1808	547345,0298	2557	BSCC # 2,0 X 2,0	Com passagem de fauna	51,14	

Média de um bueiro a cada 560 metros (0,56 km);

Máxima distância entre bueiros 2,45 km;

Fonte: Vale, 2022.

Nota:

BSTC: Bueiro Simples Tubular de Concreto.

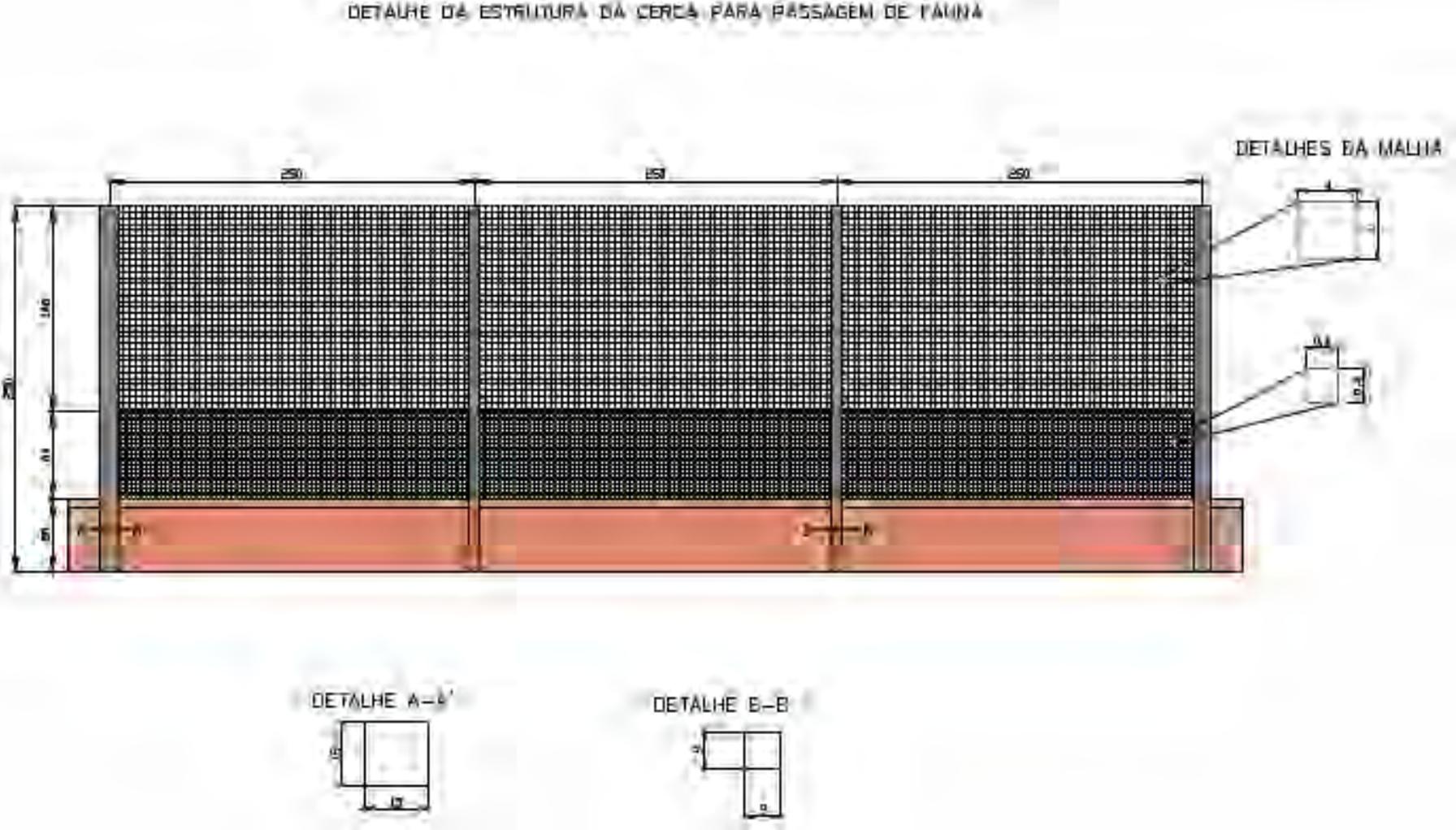
BDTC: Bueiro Duplo Tubular de Concreto.

BSCC: Bueiro Simples Celular de Concreto.

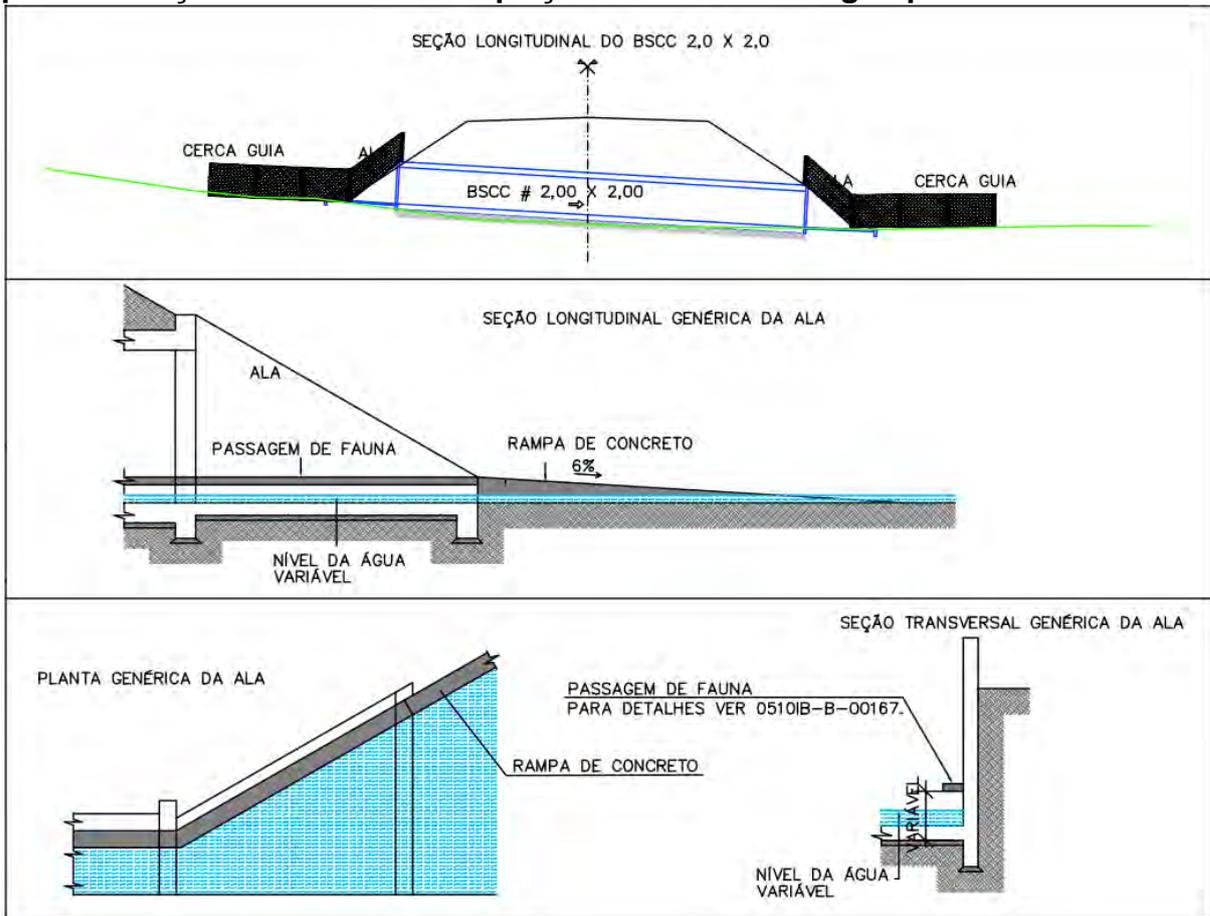
BDCC: Bueiro Duplo Celular de Concreto.

BTCC: Bueiro Triplo Celular de Concreto.

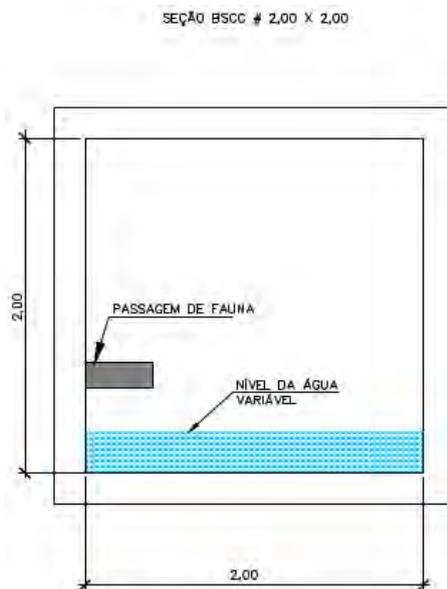
Desenho 4.6-1 - Detalhe construtivo da cerca para condução de fauna da Adequação da Estrada do Igarapé Bahia.



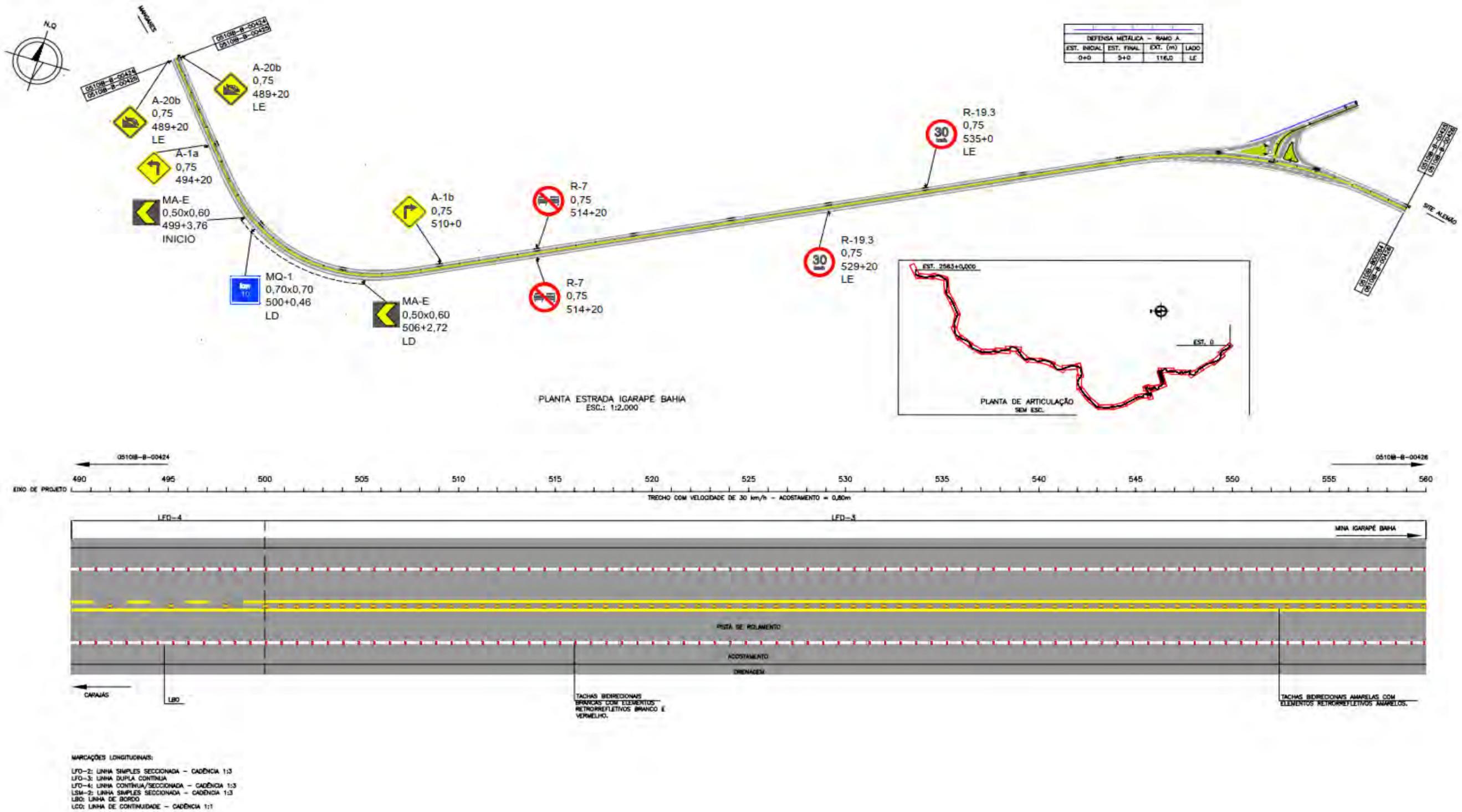
Desenho 4.6-2 - Detalhe construtivo da passarela (e rampas de acesso) para condução de fauna da Adequação da Estrada do Igarapé Bahia.



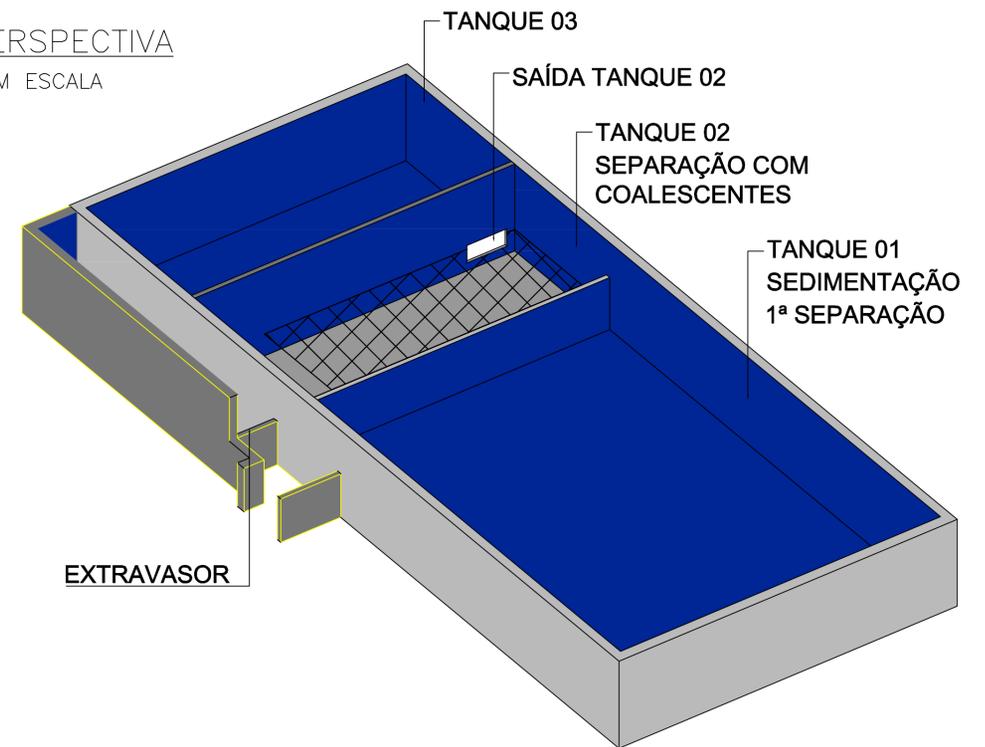
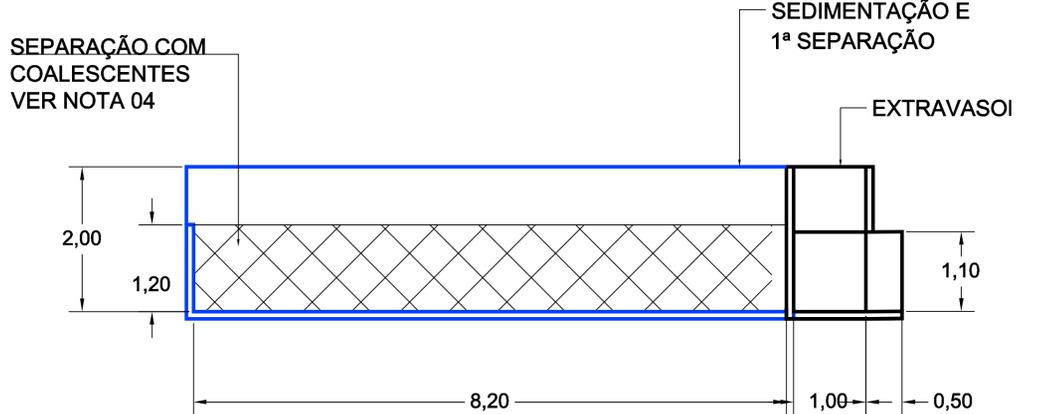
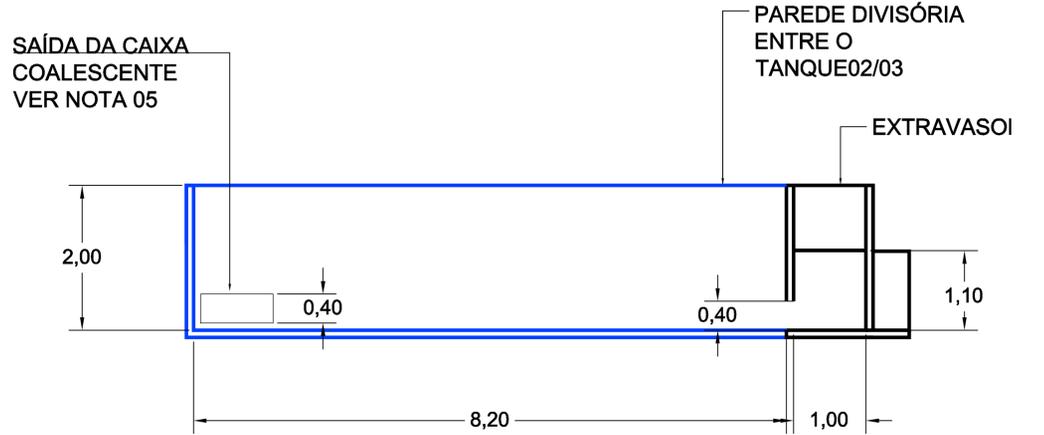
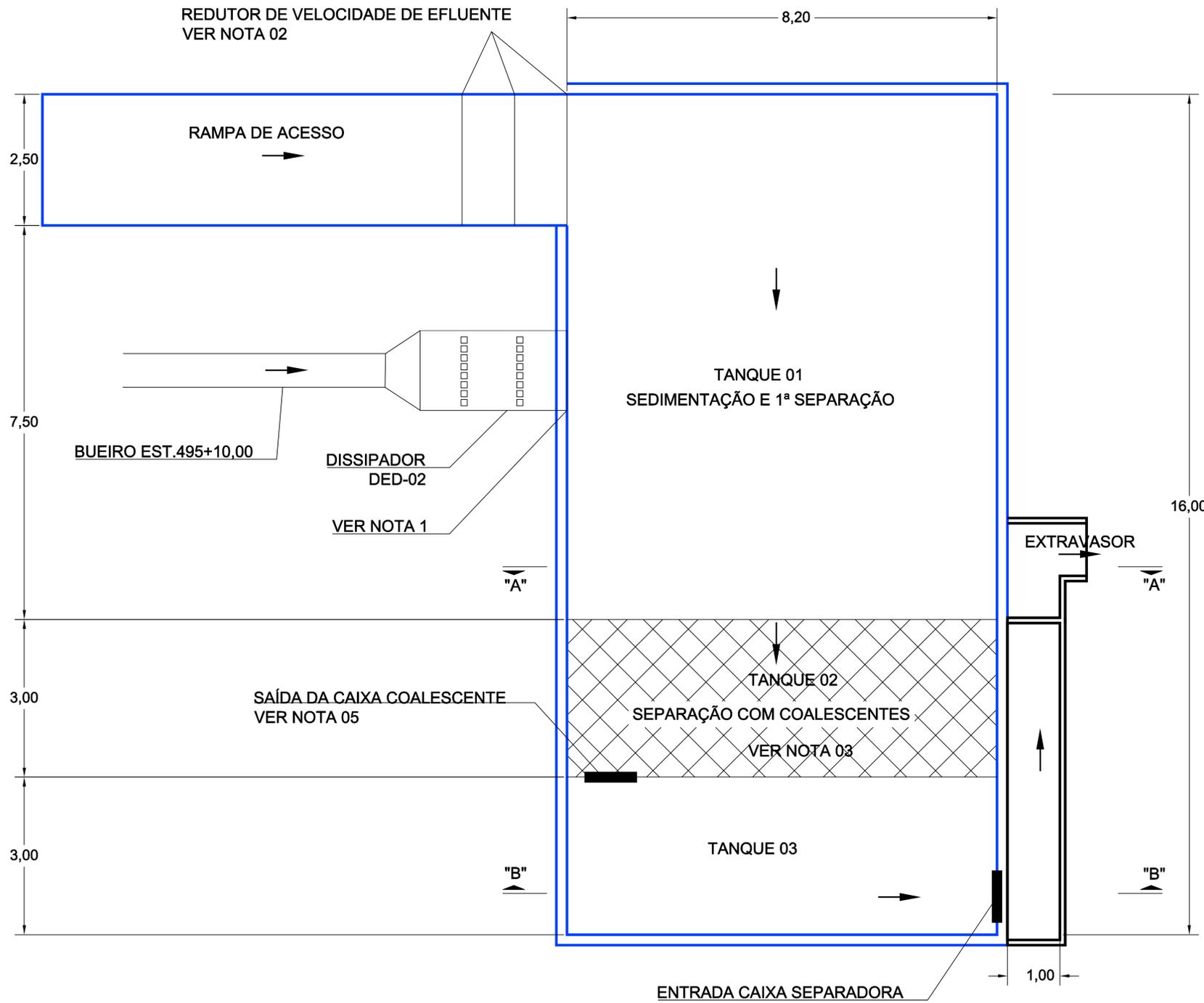
Desenho 4.6-3 - Detalhe construtivo da passarela para fauna da Adequação da Estrada do Igarapé Bahia.



Desenho 4.6-5- Extratos do plano de sinalização viária (vertical e horizontal) do projeto de Adequação da Estrada do Igarapé Bahia – Projeto Alemão.



4.7 Projeto desenvolvido para o sistema de contenção de vazamento de cargas perigosas



NOTAS

- A VELOCIDADE DO FLUXO NO TANQUE 01 (SEDIMENTAÇÃO E 1ª SEPARAÇÃO) NÃO PODERÁ ULTRAPASSAR 2m/s.
- NO PROJETO DETALHADO DEVERÁ SER VERIFICADO A NECESSIDADE DE INDICAR UM REDUTOR DE VELOCIDADE DA CONTRIBUIÇÃO DA RAMPA DE ACESSO DE MANUTENÇÃO DO SUMP.
- O TANQUE 02 É COMPOSTO PELAS PLACAS COALESCENTES, RESPONSÁVEIS POR FAZER A SEPARAÇÃO DA ÁGUA/ÓLEO. PARA QUE O SISTEMA FUNCIONE CORRETAMENTE A VELOCIDADE INTERNA DO TANQUE NÃO PODERÁ ULTRAPASSAR 2m/s.
- O TANQUE DE SEPARAÇÃO COALESCENTE DEVERÁ SER DIMENSIONADO PELO FABRICANTE, CONFORME O TIPO DE PLACA COALESCENTE A SER IMPLANTADA PARA ESTE TIPO DE ÓLEO.
- A SAÍDA DO TANQUE 02, DEVRÁ SER REDIMENSIONADA CONFORME INDICAÇÕES DO FABRICANTE.

- O SUMP PARA SEPARAÇÃO DE ÁGUA E ÓLEO DEVERÁ SER REVESTIDO INTERNAMENTE DE MATERIAL QUE PERMITA A SUA LIMPEZA, SUAS PAREDES INTERNAS PODERÃO COMPOSTAS POR AZULEJO, POLIPROPILENO, CHAPA METÁLICA OU MATERIAL COMPATIVEL INDICADO PELO FABRICANTE.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- PARA MOSAICO DE BACIAS, VER DES.: 0510IB-X-03304
- PARA RELATÓRIO DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS, VER DOC.: JCVR88A9-05-1-EG-RLT-0003.
- PARA PROJETO DE DISPOSITIVOS TIPOS, VER DOC.:
- DRENAGEM: 0510IB-B-00399 AO 0510IB-B-00402.
- OAC: 0510IB-C-00052 AO 0510IB-C-00057.
- PARA SEÇÃO DE OBRAS DE ARTE CORRENTES, VER DES.: 0510IB-C-00039 AO 0510IB-C-00048
- PARA PROJETO GEOMÉTRICO, PLANTA E PERFIL - VER DES.: 0510IB-B-00257 AO 0510IB-B-00293.
- PARA PROJETO DE DRENAGEM, PLANTA E PERFIL O VER DES.: 0510I-B-00360 AO 0510I-B-00398.

REV.	T.E.	EMISSÃO INICIAL	MCC	MCC	CFA	JMS	JMS	30/06/22
		DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
REVISÕES								
T.E.	(A) PRELIMINAR	(C) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO				
TIPO DE EMISSÃO	(B) PARA APROVAÇÃO	(D) PARA COTAÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(H) CANCELADO				

PROJETO	PROJETO ALEMÃO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
		B0040-00	-
PROJETO BÁSICO INFRAESTRUTURA - ESTRADA DE ACESSO AO PROJETO ESTRADA IGARAPÉ BAHIA PROJETO DE DRENAGEM DISPOSITIVOS DE DRENAGEM - SUMP			
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº VALE	REVISÃO
SEM ESCALA	JCVR88A9-06-1-DR-DDR-0005	0510IB-B-00403	A

ANEXO 05

**PROJETO DE SUBSTITUIÇÃO E REPOTENCIAMENTO DA
LINHA DE TRANSMISSÃO SERRA NORTE – IGARAPÉ
BAHIA**

Quadro 4.1 - Localização das torres do projeto de repotenciamento da Linha de Transmissão para 230 kV - Projeto Mina do Alemão

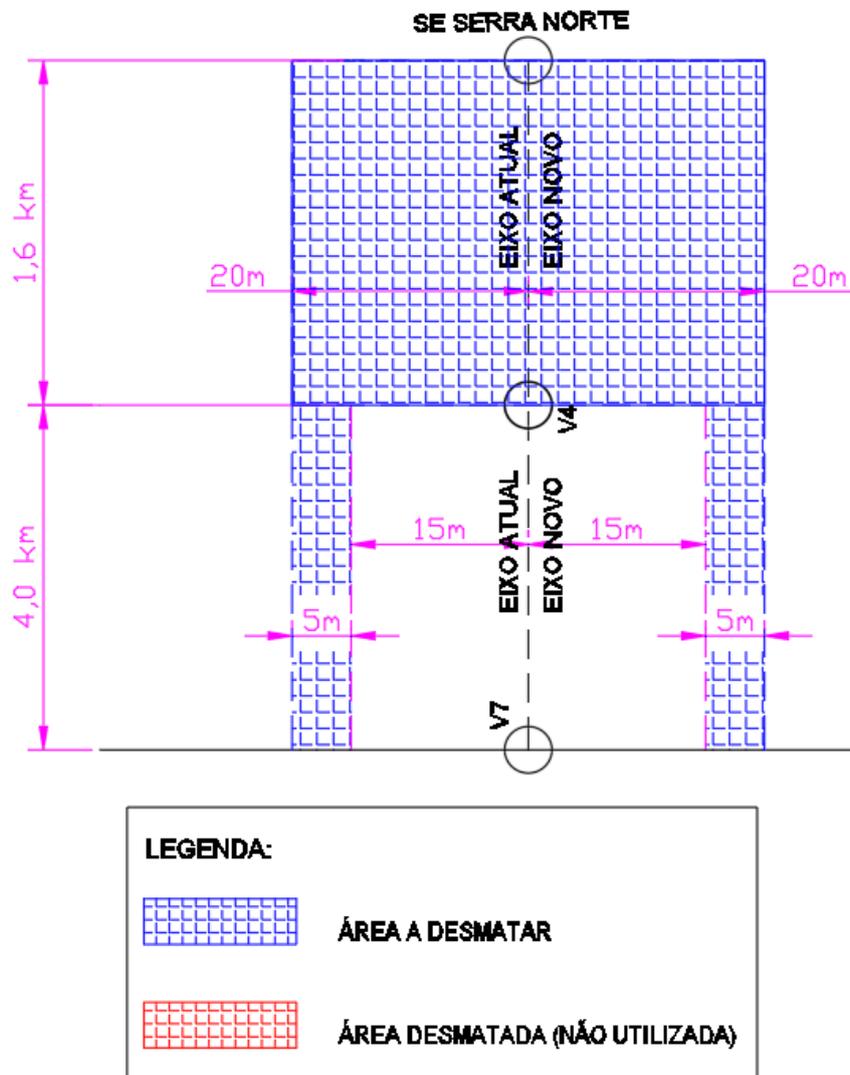
TABELA DE COORDENADAS DAS ESTRUTURAS

N°	UTM E	UTM N	N°	UTM E	UTM N	N°	UTM E	UTM N	N°	UTM E	UTM N	N°	UTM E	UTM N
T.1	594772	9333737	T.43	582713	9328425	T.74	578676	9322896	T.105	561403	9321404	T.136	551623	9324653
T.2	594759	9333790	T.44	582493	9328405	T.75	578537	9322687	T.106	561152	9321614	T.137	551408	9324819
T.3	594385	9333881	T.45	582217	9328378	T.76	578325	9322368	T.107	560952	9321782	T.138	551407	9325084
T.4	594038	9334007	T.46	582046	9328362	T.77	578114	9322051	T.108	560620	9321828	T.139	551410	9325317
T.5	593691	9334133	T.47	581658	9328194	T.78	577923	9321910	T.109	560039	9321910	T.140	551410	9325707
T.6	593461	9334325	T.48	581483	9328120	T.79	577657	9321715	T.110	559584	9321974	T.141	551410	9325990
T.7	593188	9334744	T.49	581374	9328001	T.80	577489	9321591	T.111	558648	9322106	T.142	551411	9326248
T.8	592916	9335164	T.50	581218	9327827	T.81	577143	9321468	T.112	558322	9322152	T.143	551482	9326497
T.9	592422	9335191	T.51	581287	9327595	T.82	576949	9321401	T.113	558118	9322476	T.144	551573	9326819
T.10	591553	9335238	T.52	581361	9327344	T.83	576785	9321343	T.114	558038	9322599	T.145	551627	9327009
T.11	591200	9335258	T.53	581509	9326849	T.84	576585	9321220	T.115	557956	9322732	T.146	551412	9327539
T.12	590421	9335301	T.54	581593	9326569	T.85	576158	9320959	T.116	557808	9322967	T.147	551302	9327810
T.13	589664	9334988	T.55	581696	9326222	T.86	575857	9320774	T.117	557571	9323343	T.148	551160	9328158
T.25	587125	9330277	T.56	581757	9326018	T.87	575521	9320568	T.118	557223	9323373	T.149	551036	9328464
T.26	586996	9329984	T.57	581872	9325631	T.88	575357	9320528	T.119	556906	9323175	T.150	550920	9328749
T.27	586572	9329032	T.58	581954	9325357	T.89	575033	9320453	T.120	556603	9322985	T.151	550797	9329051
T.28	586448	9328751	T.59	581983	9325083	T.90	574619	9320454	T.121	556316	9322805	T.152	550647	9329421
T.29	586323	9328647	T.60	581869	9324882	T.91	572316	9320460	T.122	555809	9322791	T.153	550448	9329908
T.30	586194	9328540	T.61	581748	9324669	T.92	569882	9320465	T.123	555399	9322780	T.154	550011	9330109
T.31	586133	9328491	T.62	581628	9324459	T.93	569378	9320466	T.124	555135	9322774	T.155	549612	9330292
T.32	585878	9328279	T.63	581508	9324248	T.94	569056	9320534	T.125	554850	9322766	T.156	549273	9330447
T.33	585472	9327943	T.64	581313	9324208	T.95	567254	9320913	T.126	554575	9322759	T.157	549095	9330529
T.34	585204	9327721	T.65	581065	9324157	T.96	565860	9321067	T.127	554175	9322747	T.158	548840	9330646
T.35	585012	9327562	T.66	580818	9324110	T.97	565203	9321140	T.128	553907	9322741	T.159	548355	9330868
T.36	584361	9327605	T.67	580582	9324063	T.98	564512	9321217	T.129	553612	9322871	T.160	548119	9330976
T.37	584143	9327616	T.68	580271	9324000	T.99	564232	9321248	T.130	553012	9323137	T.161	547942	9331197
T.38	583933	9327629	T.69	580042	9323954	T.100	563860	9321290	T.131	552886	9323326	T.162	547512	9331733
T.39	583757	9327875	T.70	579788	9323903	T.101	563546	9321281	T.132	552673	9323647	T.163	547071	9332255
T.40	583463	9328282	T.71	579535	9323852	T.102	563067	9321267	T.133	552406	9324048	T.164	546925	9332419
T.41	583319	9328483	T.72	579310	9323600	T.103	562042	9321238	T.134	552184	9324220	T.165	546931	9332582
T.42	582973	9328450	T.73	579023	9323282	T.104	561615	9321225	T.135	551888	9324448	T.166	547066	9332728

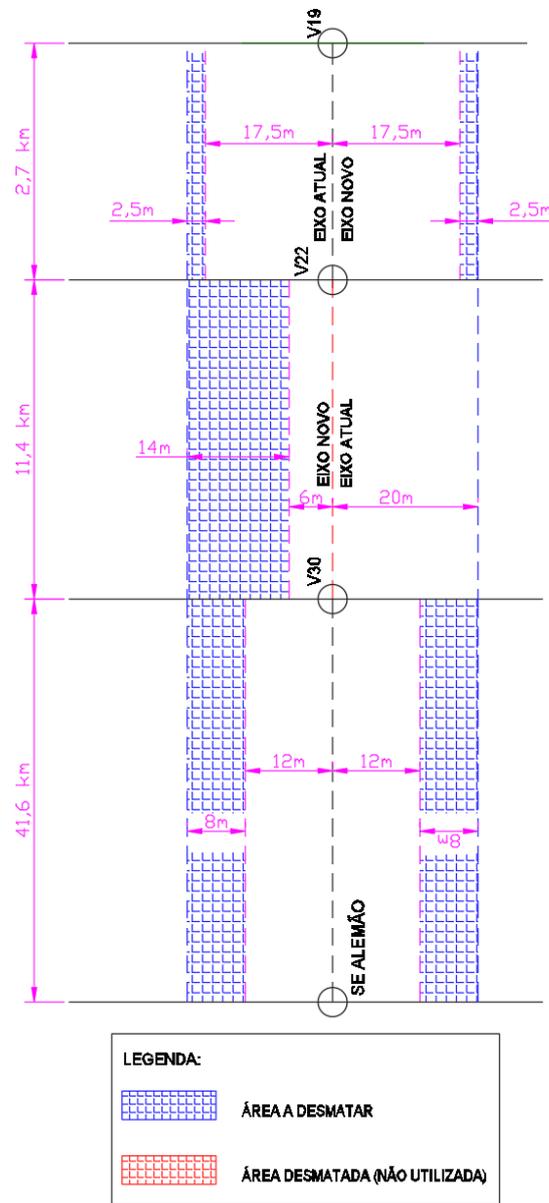
Quadro 4.2 - Tabela de coordenadas dos vértices do projeto de repotenciamento da Linha de Transmissão para 230 kV - Projeto Mina do Alemão

TABELA DE VÉRTICES E COORDENADAS						
N°	UTM E	UTM N	DIST PARCIAL	PROGRESSIVA	ANGULO	RUMO
SE SER.NOR.	594877	9333759	107,44	0		77°59'24"SO
V.1	594772	9333737	54,5	107,44	88°23'35"D	13°37'0"NO
V.1A	594759	9333790	384,37	161,94	62°44'17"E	76°21'17"NO
V.2	594385	9333881	738,6	546,31	6°22'50"D	69°58'27"NO
V.3	593691	9334133	299,88	1284,91	19°42'28"D	50°15'58"NO
V.4	593461	9334325	1000,28	1584,79	17°14'20"D	33°1'38"NO
V.5	592916	9335164	2497,93	2585,07	53°50'4"E	86°51'43"NO
V.6	590421	9335301	819,39	5083	25°31'54"E	67°36'22"SO
V.7	589664	9334988	802,28	5902,39	82°25'40"E	14°49'18"SE
V.19	587125	9330277	1669,54	12711,8	2°14'45"D	23°55'53"SO
V.20	586448	9328751	1863,8	14381,33	26°26'44"D	50°22'38"SO
V.21	585012	9327562	1080,97	16245,13	43°9'39"D	86°27'42"NO
V.22	583933	9327629	1051,95	17326,1	50°42'8"D	35°45'34"NO
V.23	583319	9328483	1278,82	18378,06	59°38'47"E	84°35'38"SO
V.24	582046	9328362	612,43	19656,88	17°55'6"E	66°40'32"SO
V.25	581483	9328120	394,82	20269,31	24°32'19"E	42°8'13"SO
V.26	581218	9327827	2577,3	20664,13	58°43'9"E	16°34'56"SE
V.27	581954	9325357	275,62	23241,43	10°34'55"D	6°0'0"SE
V.28	581983	9325083	959,83	23517,05	35°37'59"D	29°37'58"SO
V.29	581508	9324248	2011,94	24476,88	49°0'54"D	78°38'53"SO
V.30	579535	9323852	1285,91	26488,81	36°41'36"E	41°57'17"SO
V.31	578676	9322896	1015,18	27774,73	8°21'9"E	33°36'7"SO
V.32	578114	9322051	775,71	28789,91	20°5'45"D	53°41'53"SO
V.33	577489	9321591	746,51	29565,62	16°54'4"D	70°35'57"SO
V.34	576785	9321343	1482,29	30312,13	12°7'21"E	58°28'35"SO
V.35	575521	9320568	501,4	31794,42	18°11'13"D	76°39'49"SO
V.36	575033	9320453	5655,29	32295,82	13°28'25"D	89°51'45"NO
V.37	569378	9320466	2169,95	37951,11	11°44'2"D	78°7'42"NO
V.38	567254	9320913	3415,42	40121,05	5°31'54"E	83°39'37"NO
V.39	563860	9321290	2245,43	43536,47	7°59'8"E	88°21'14"SO
V.40	561615	9321225	866,06	45781,9	41°37'23"D	50°1'22"NO
V.41	560952	9321782	2655,49	46647,96	31°57'38"E	81°59'1"NO
V.42	558322	9322152	1408,51	49303,45	49°43'45"D	32°15'15"NO
V.43	557571	9323343	349,29	50711,96	52°51'10"E	85°6'26"NO
V.44	557223	9323373	1069,43	51061,24	36°56'33"E	57°57'0"SO
V.45	556316	9322805	2410,4	52130,68	30°30'43"D	88°27'43"SO
V.46	553907	9322741	978,43	54541,08	25°26'7"D	66°6'9"NO
V.47	553012	9323137	1093,97	55519,51	32°29'17"D	33°36'52"NO
V.48	552406	9324048	1261,6	56613,48	18°43'25"E	52°20'17"NO
V.49	551408	9324819	1429,1	57875,09	52°28'32"D	0°8'14"NE
V.50	551411	9326248	790,77	59304,19	15°43'42"D	15°51'57"NE
V.51	551627	9327009	3130,31	60094,95	38°0'17"E	22°8'20"NO
V.52	550448	9329908	2561,7	63225,26	43°12'57"E	65°21'18"NO
V.53	548119	9330976	970,57	65786,96	26°35'36"D	38°45'41"NO
V.54	547512	9331733	682,88	66757,53	1°22'29"E	40°8'11"NO
V.55	547071	9332255	219,48	67440,41	1°33'38"E	41°41'49"NO
V.56	546925	9332419	162,82	67659,89	43°47'58"D	2°6'8"NE
V.57	546931	9332582	255,6	67822,7	40°27'36"D	42°33'44"NE
SE ALEMÃO	547104	9332770	-	68078,3	-	-

Desenho 4.1 - Desenho Esquemático de alargamento da faixa de servidão e áreas de supressão – Repotenciamento da LTR Serra Norte – Igarapé Bahia – Projeto Mina do Alemão



Desenho 4.2 - Desenho Esquemático de alargamento da faixa de servidão e áreas de supressão – Repotenciamento da LTR Serra Norte – Igarapé Bahia – Projeto Mina do Alemão



ANEXO 06 EVOLUÇÕES NA ENGENHARIA DA MINA SUBTERRÂNEA

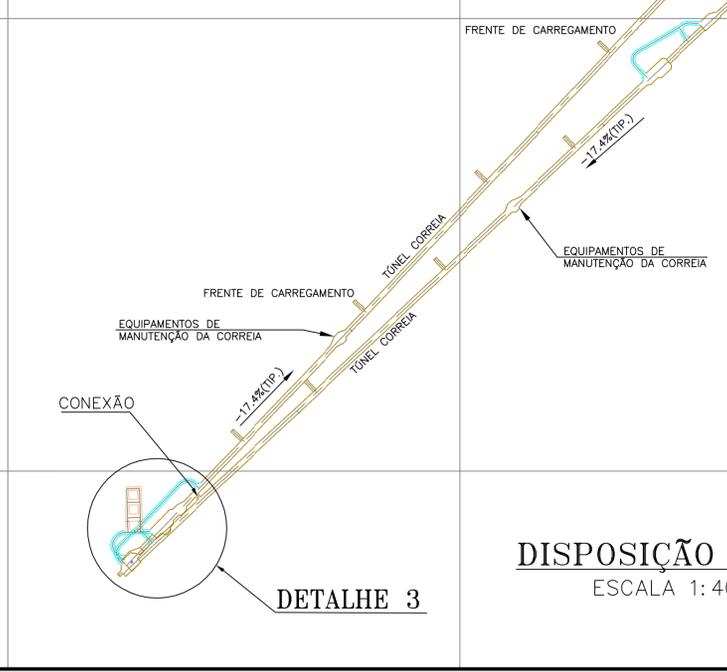
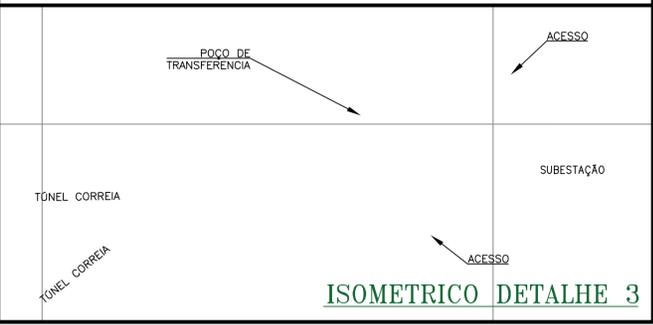
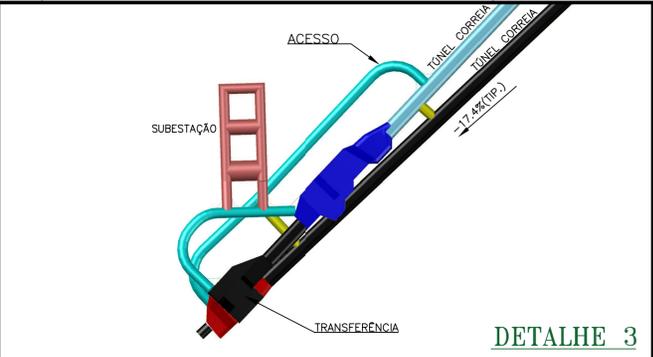
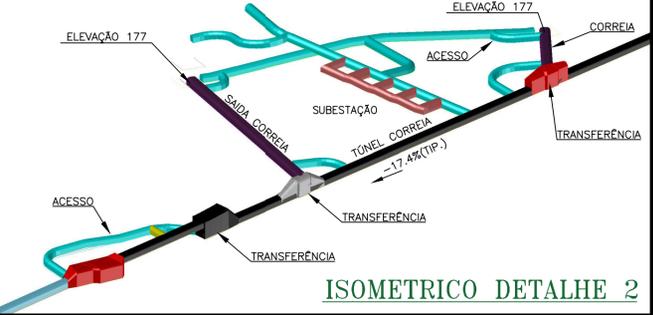
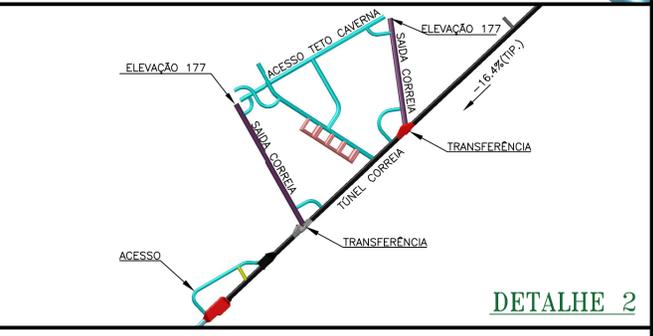
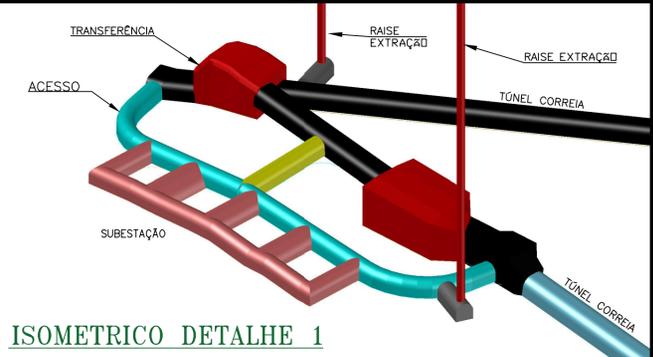
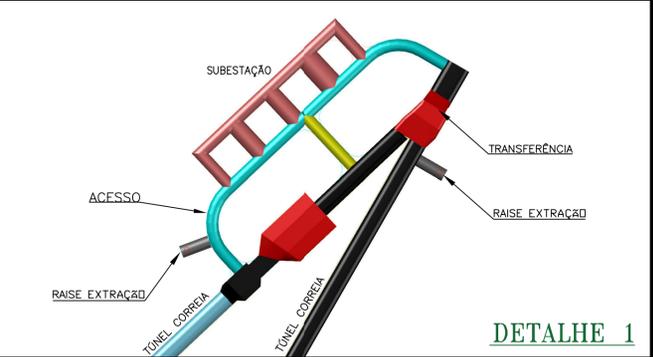
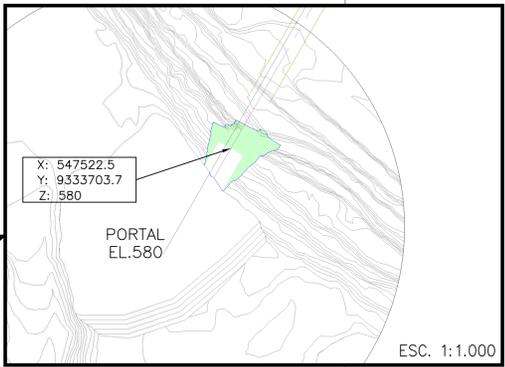
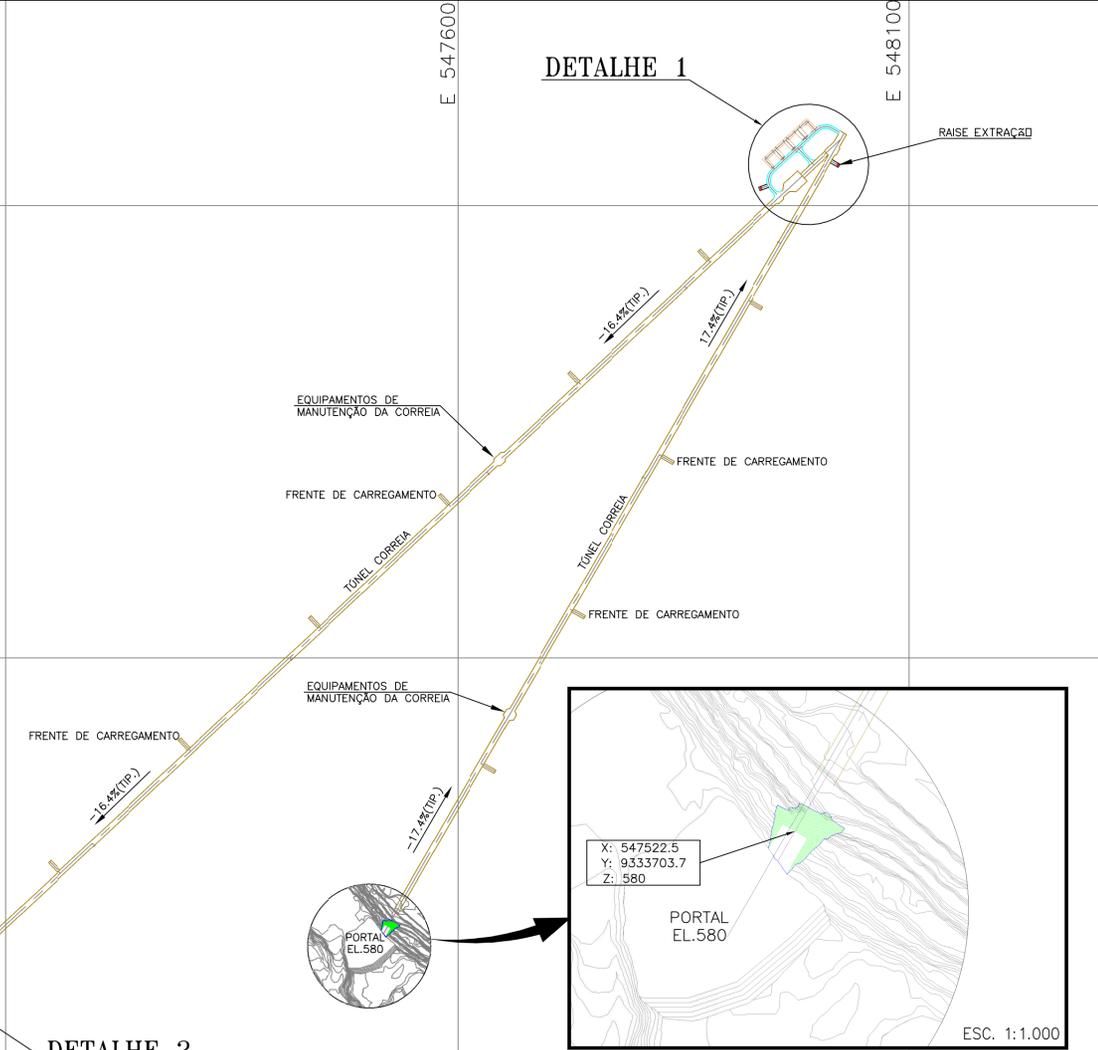
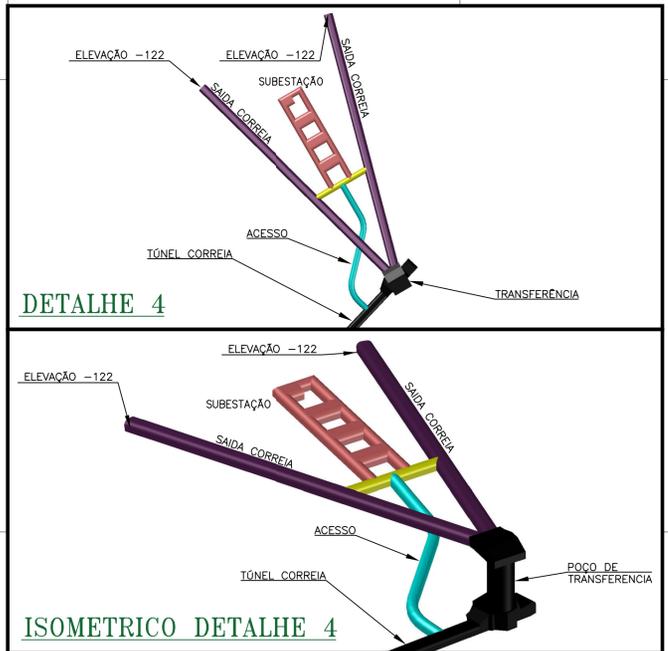
6.1 - Alteração na metodologia de transporte de ROM até a superfície

Desenho 6.1-1 - Projetos das rampas do TCLD e de serviço do Projeto Alemão

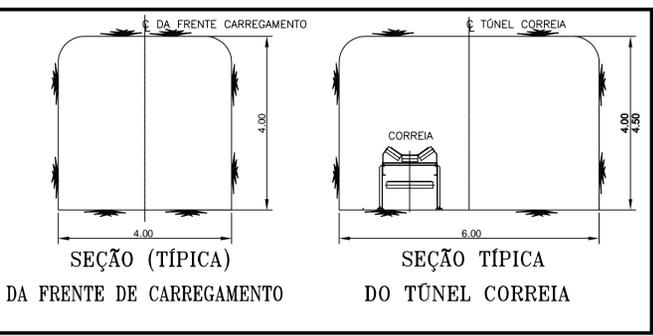


E 546100
E 546600
E 547100
E 547600
E 548100

N 9334500
N 9334000
N 9333500
N 9333000



DISPOSIÇÃO GERAL
ESCALA 1:4000



NOTAS

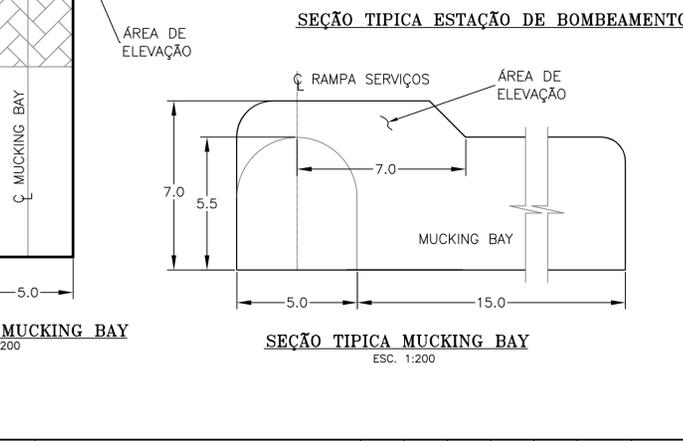
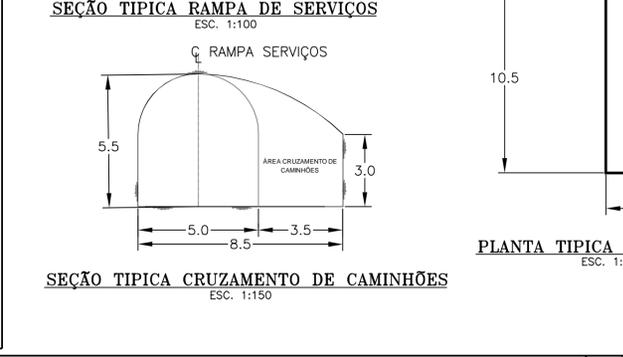
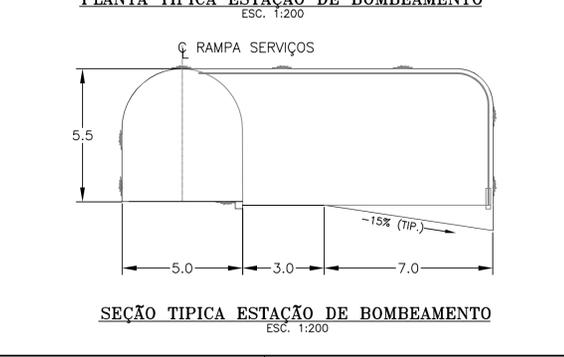
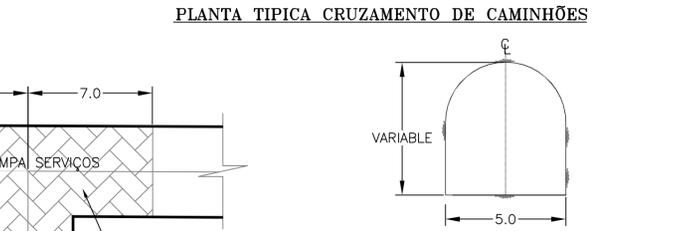
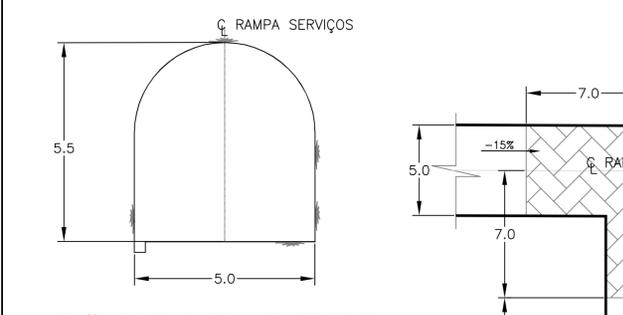
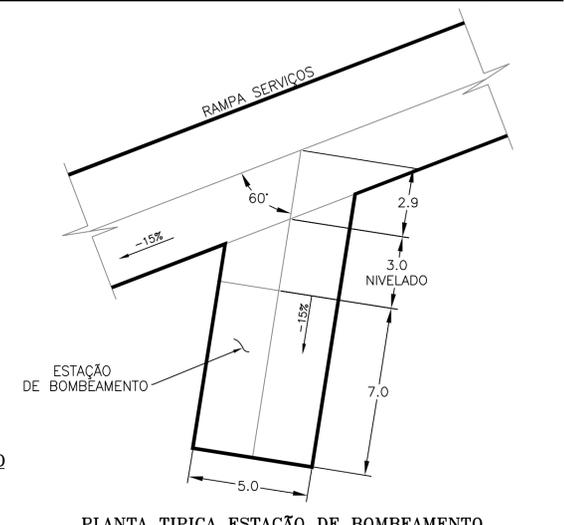
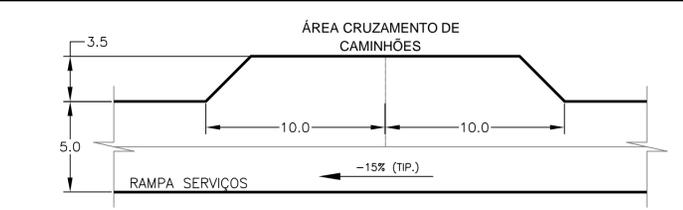
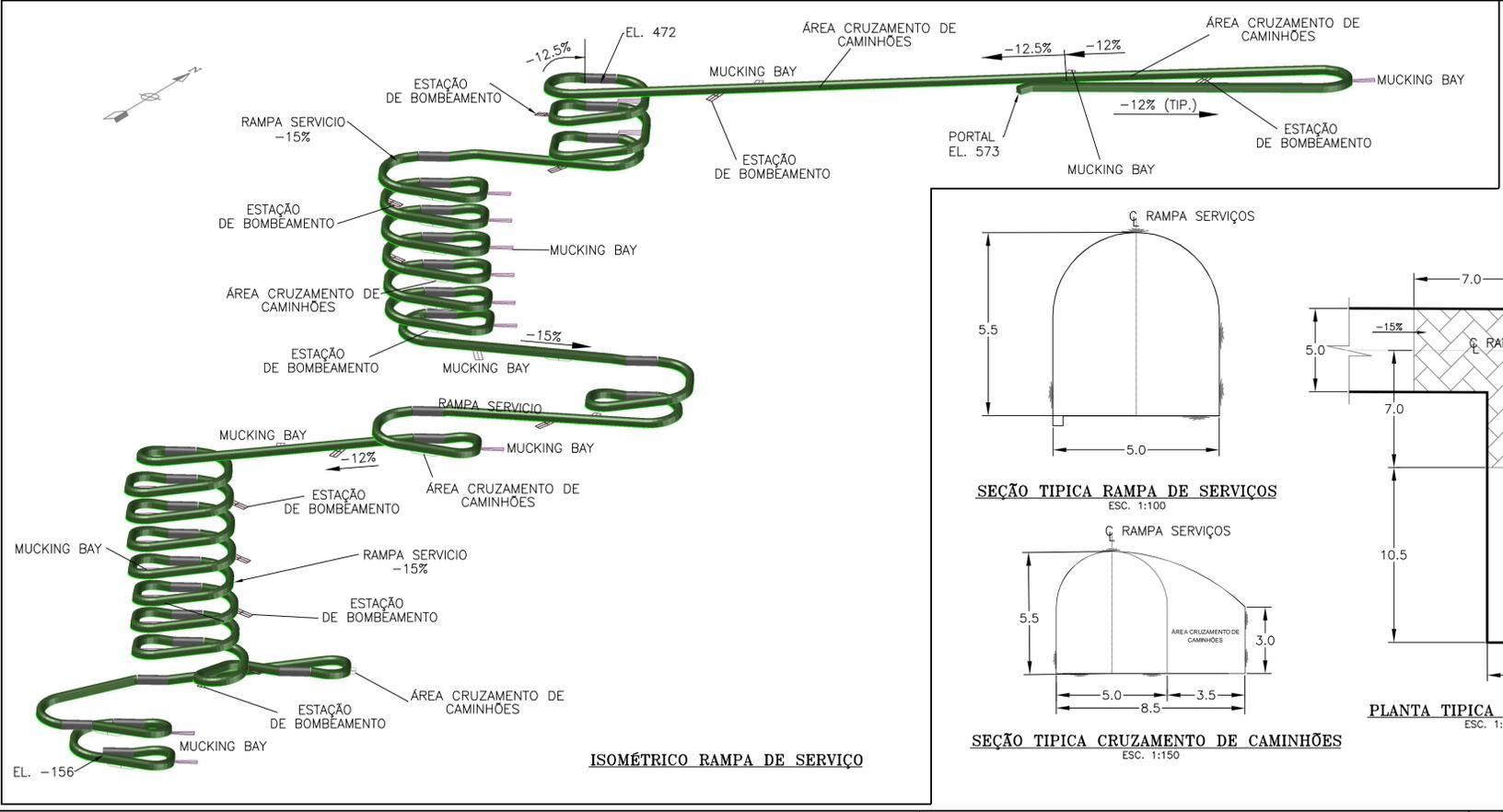
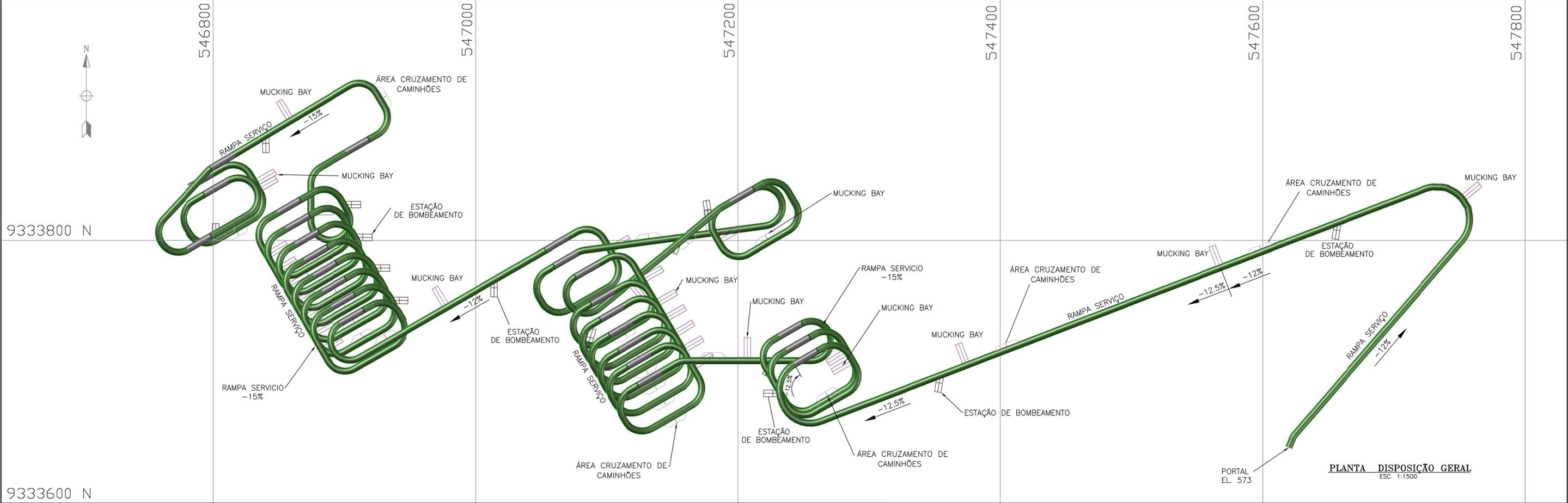
REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	SE.	DATA
2	C	PARA CONHECIMENTO	I.V.V.	I.V.V.	J.G.W.			23/11/20
1	C	PARA CONHECIMENTO	C.Z.Z.	I.V.V.	J.G.W.			15/09/20
0	C	PARA CONHECIMENTO	C.Z.Z.	I.V.V.	J.G.W.			27/07/20
A	B	PARA APROVAÇÃO	S.M.B	K.B.M	A.S.A.			18/03/20

VALE **NCL Brasil Ltda.**

PROJETO PROJETO ALEMÃO N° DO PROJETO B0040 N° DA SE

PROJETO BÁSICO
DESENVOLVIMENTO PRODUTIVO – RAMPAS E GALERIAS
DISPOSIÇÃO GERAL E DETALHES SISTEMA
DE TRANSPORTE COM CORREIA TRANSPORTADORA

ESCALA INDICADAS 1922-IB-NCLBR-002-MI-PL-005 N° CONTRATADA 10051B-U-01390 N° VALE 2



NOTAS

SEÇÃO TÍPICA RAMPA DE SERVIÇOS
ESC. 1:100

SEÇÃO TÍPICA MUCKING BAY
ESC. 1:200

SEÇÃO TÍPICA CRUZAMENTO DE CAMINHÕES
ESC. 1:150

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	SE.	DATA
1	C	A RAMPA DE SERVIÇO É ATUALIZADA PARA 15% DE INCLINAÇÃO	S.M.B.	I.V.V.	J.G.W.			25/02/22
0	C	PARA CONHECIMENTO	C.Z.Z.	I.V.V.	A.S.A.			14/04/20
A	B	PARA APROVAÇÃO	C.Z.Z.	I.V.V.	A.S.A.			18/03/20

REVISÕES

T.E.	(A) PRELIMINAR	(C) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO
TIPO DE EMISSÃO	(B) PARA APROVAÇÃO	(D) PARA COTAÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(H) CANCELADO

VALE **NCL Brasil Ltda.**

PROJETO: PROJETO ALEMÃO
Nº DO PROJETO: B0040
Nº DA SE: 1

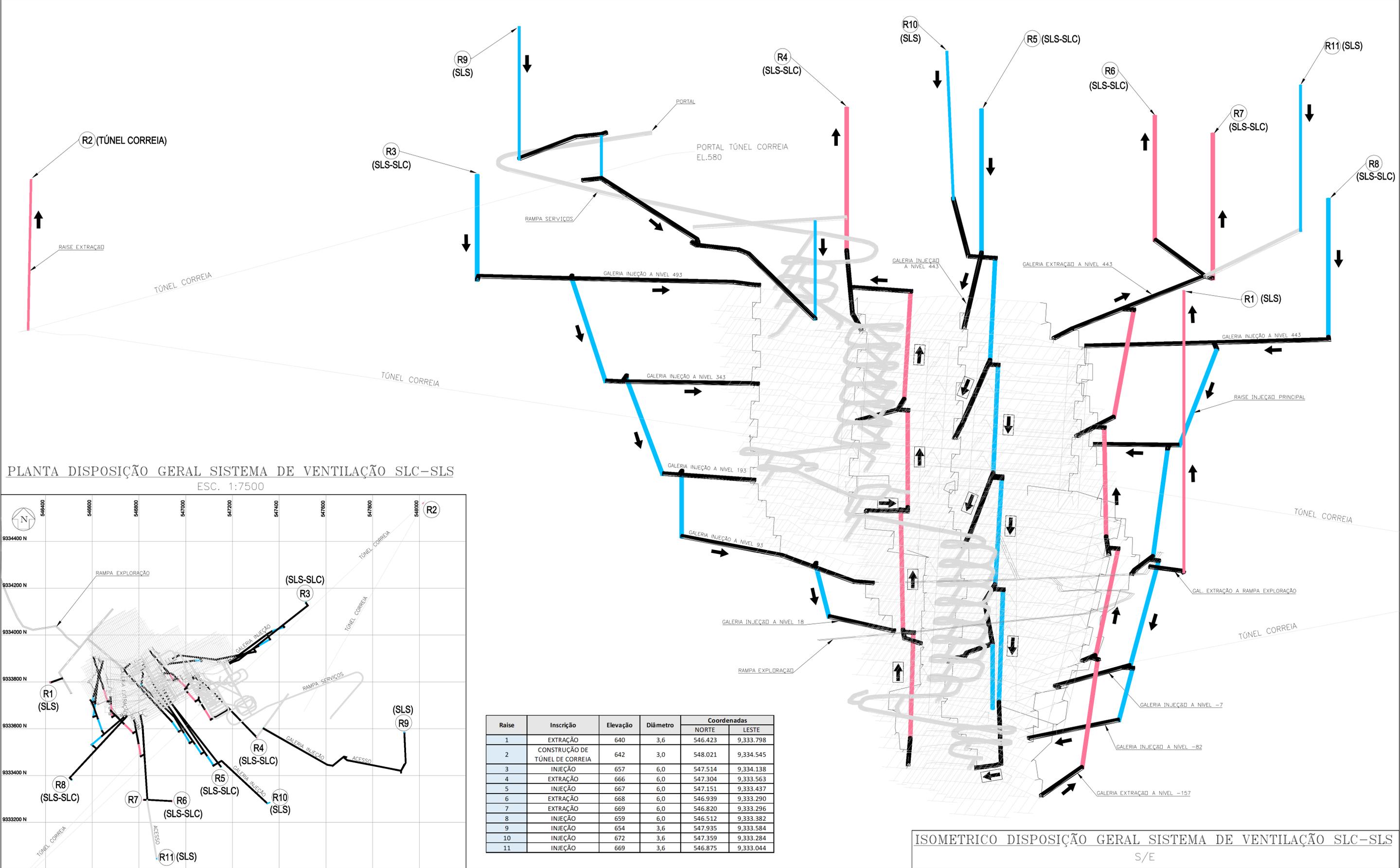
PROJETO BÁSICO
DESENVOLVIMENTO PRODUTIVO – RAMPAS E GALERIAS
SLC – RAMPA SERVIÇO
PLANTA DISPOSIÇÃO GERAL – ISOMETRICO

ESCALA: INDICADAS
Nº CONTRATADA: 1922-IB-NCLBR-002-MI-PL-006
Nº VALE: 1005IB-U-01391

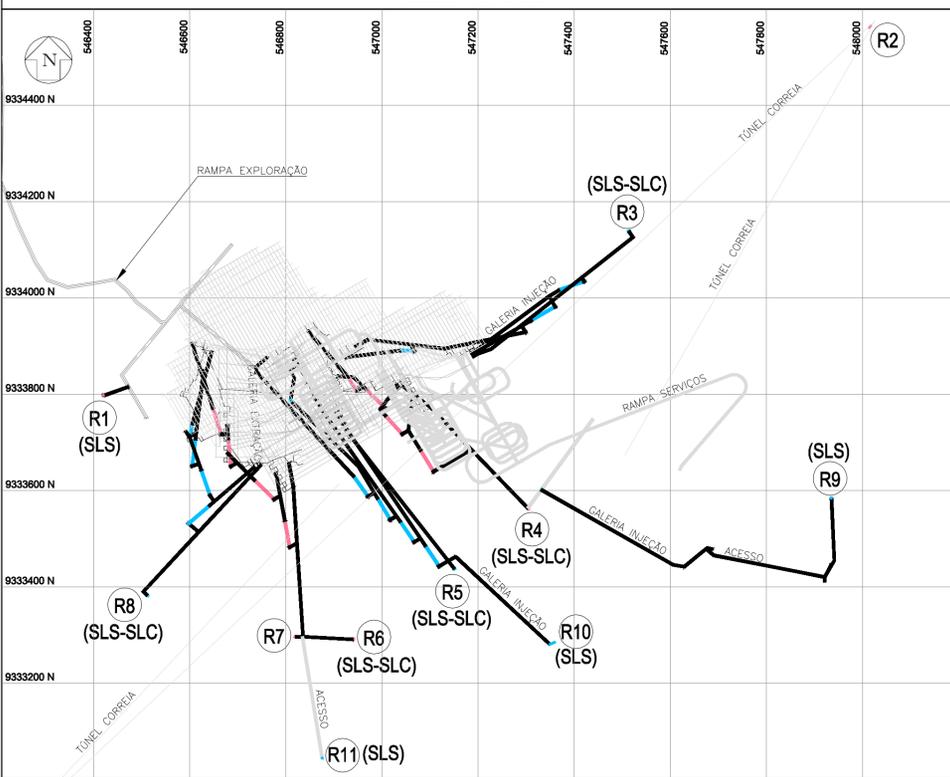
REVISÃO: 1

6.2 - Alteração no projeto de ventilação da mina subterrânea

6.2-1 - Projetos dos sistemas de ventilação do Projeto Mina do Alemão



PLANTA DISPOSIÇÃO GERAL SISTEMA DE VENTILAÇÃO SLC-SLS
ESC. 1:7500



Raize	Inscrição	Elevação	Diâmetro	Coordenadas	
				NORTE	LESTE
1	EXTRAÇÃO	640	3,6	546.423	9.333.798
2	CONSTRUÇÃO DE TÚNEL DE CORREIA	642	3,0	548.021	9.334.545
3	INJEÇÃO	657	6,0	547.514	9.334.138
4	EXTRAÇÃO	666	6,0	547.304	9.333.563
5	INJEÇÃO	667	6,0	547.151	9.333.437
6	EXTRAÇÃO	668	6,0	546.939	9.333.290
7	EXTRAÇÃO	669	6,0	546.820	9.333.296
8	INJEÇÃO	659	6,0	546.512	9.333.382
9	INJEÇÃO	654	3,6	547.935	9.333.584
10	INJEÇÃO	672	3,6	547.359	9.333.284
11	INJEÇÃO	669	3,6	546.875	9.333.044

ISOMETRICO DISPOSIÇÃO GERAL SISTEMA DE VENTILAÇÃO SLC-SLS
S/E

NOTAS

SIMBOLOGIA

→ = INJEÇÃO

← = EXTRAÇÃO

REVISÕES

T.E.	TIPO DE EMISSÃO	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	SE.	DATA
0	C	PARA CONHECIMENTO	C.Z.Z.	K.B.M	A.S.A.			29/07/20
A	B	PARA APROVAÇÃO	C.Z.Z.	K.B.M	A.S.A.			20/07/20

VALE

NCL Brasil Ltda.

PROJETO PROJETO ALEMÃO

Nº DO PROJETO B0040

Nº DA SE

PROJETO BÁSICO SISTEMA DE VENTILAÇÃO SLC E SLS DA MINA INFRAESTRUTURA MINA - SISTEMA DE VENTILAÇÃO PRINCIPAL DISPOSIÇÃO GERAL - ISOMETRICOS

ESCALA INDICADAS 1922-IB-NCLBR-008-MI-PL-002

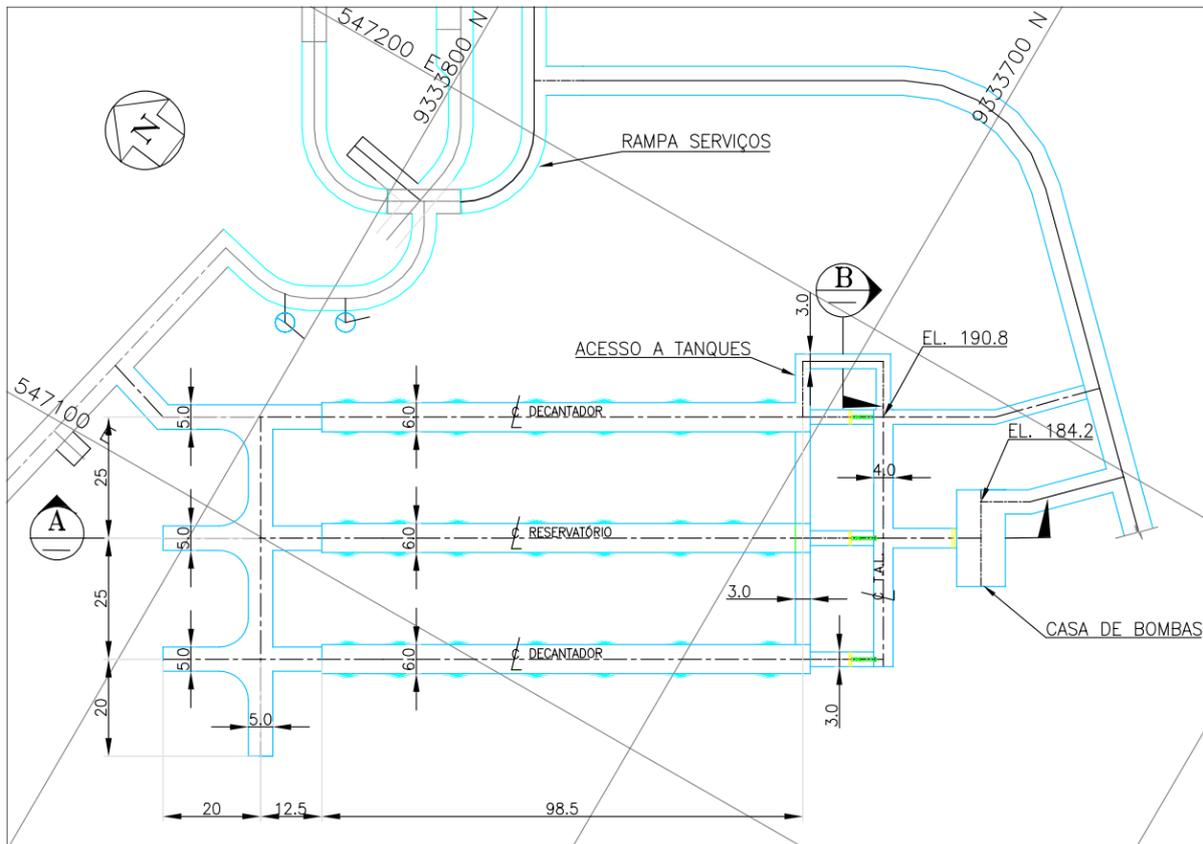
Nº CONTRATADA 1025IB-U-01293

Nº VALE 1025IB-U-01293

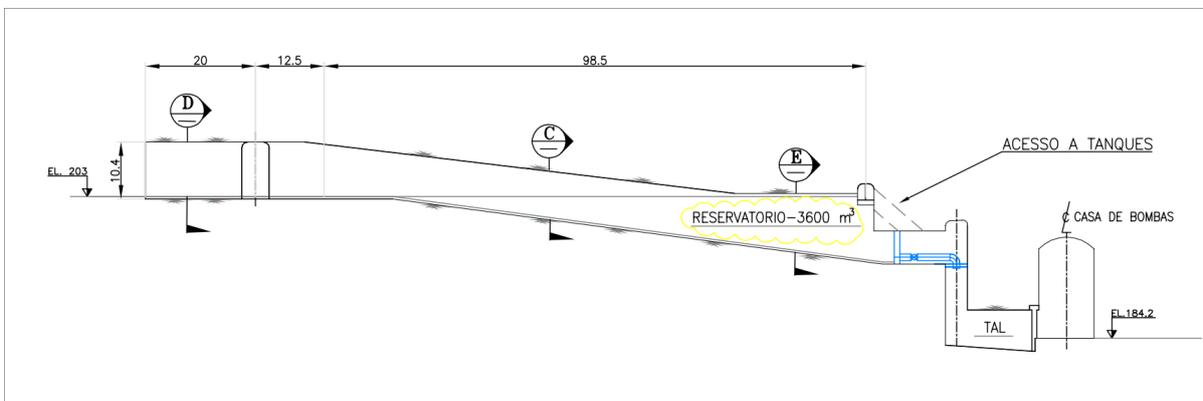
REVISÃO 0

6.3 - Gerenciamento de efluentes da Mina Subterrânea

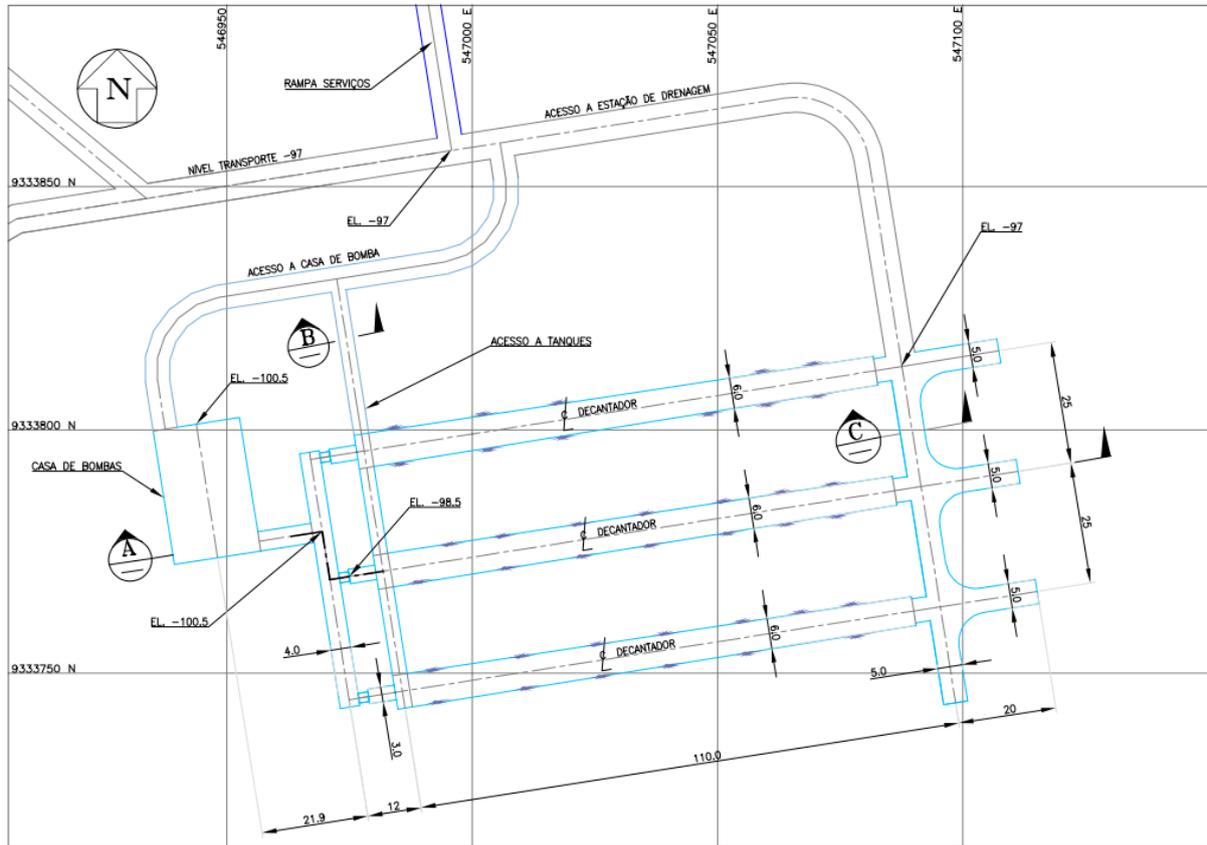
Desenho 6.3-1 - Disposição geral dos tanques de decantação e casa de bombas nível 203



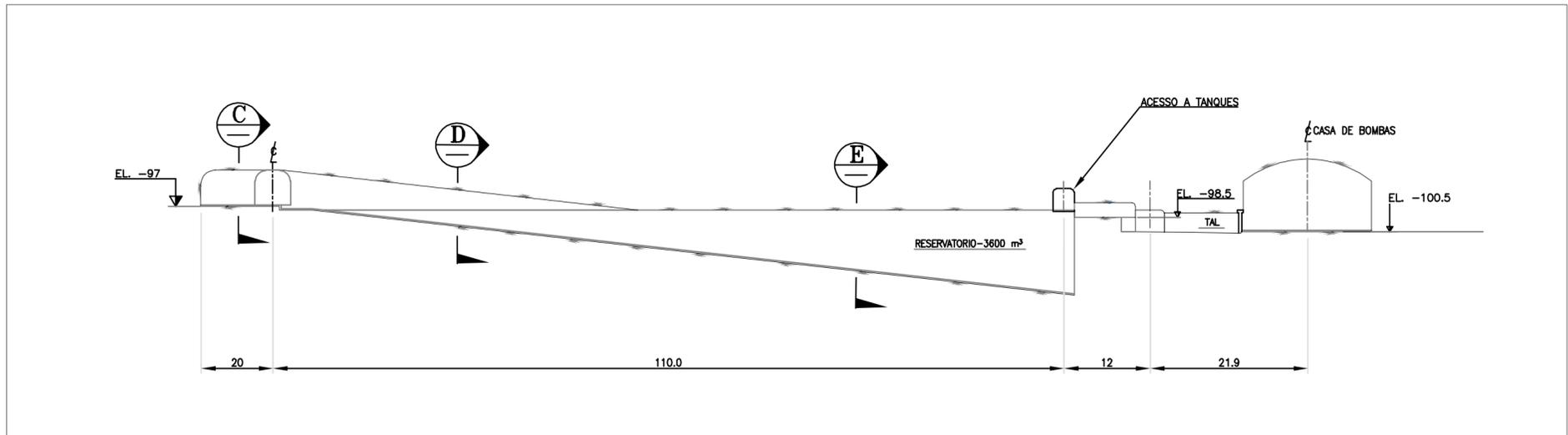
Desenho 6.3-2 - Seção longitudinal de sistema de decantação e casa de bombas do nível 203



Desenho 6.3-3 - Disposição geral tanques de decantação e casa de bombas nível 97



Desenho 6.3-4 - Seção longitudinal de sistema de decantação e casa de bombas do nível 97



ANEXO 07

**MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL E MODELO
NUMÉRICO DE SIMULAÇÃO DE FLUXO SUBTERRÂNEO**



MDGEO

**Relatório do modelo hidrogeológico conceitual –
Projeto Alemão
Maio | 2022**

ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

Título do Projeto:	Modelo numérico de simulação de fluxo subterrâneo para avaliação ambiental – Projeto Alemão
Contrato:	WBH 045 20 OS 002
Vigência Contrato:	25/03/2022 a 25/08/2022
Centro de Custo:	1284
Local:	Belo Horizonte / MG

DADOS DA CONTRATANTE

Contratante:	WALM Engenharia e Tecnologia Ambiental Ltda
CNPJ:	67.632.516/0002-21
Endereço:	Rua Antônio de Albuquerque, 156, Funcionários – BH / MG
Gestor do Contrato:	Fábio Magalhães
Contato:	fabio.magalhaes@walmengenharia.com.br

RESPONSABILIDADE TÉCNICA DO PROJETO

Razão Social:	MDGEO Serviços de Hidrogeologia Ltda.
CNPJ:	38.625.927/0001-90
Responsável Técnico:	Antônio Carlos Bertachini
Contato:	Rua Santa Bárbara, 162 Sagrada Família 31030-150-470 – Belo Horizonte – MG Tel: (+55) 31-3482-9959 / 3466-1602 Fax: (+55) 31-3481-8911 mdgeo@mdgeo.com.br
Anotação de Resp. Técnica – ART:	

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO PROJETO

NOME	FUNÇÃO	ATIVIDADE
Daniel Perez Bertachini (DPB)	Hidrogeólogo Master	Gerência do projeto
Julio Yasbek Reia (JYR)	Coordenador – Setor de Modelos Numéricos	Coordenação de modelos hidrogeológicos Revisão do relatório
André Paes de Oliveira (APO)	Analista de Hidrogeologia	Compilação de dados Cartografia Elaboração do relatório
Adrieli Thalia Pereira (ATP)	Analista de Hidrogeologia	Cartografia Elaboração do relatório

REVISÃO DO RELATÓRIO

REVISÃO	DATA	ELAB.	APROVAÇÃO	FINALIDADE
R0	27/05/22	APO		No prelo
R1	31/05/22	APO	JYR	1ª versão enviada ao cliente
R2	09/06/22	APO	JYR	2ª versão enviada ao cliente
RF	23/06/22	APO	JYR	Versão final enviada ao cliente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	LOCALIZAÇÃO	8
3	TRABALHOS ANTERIORES	9
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS	11
4.1	LIMITES DA NOVA ÁREA DE ESTUDOS	11
4.2	TOPOGRAFIA.....	11
4.3	HIDROGRAFIA	14
4.4	GEOLOGIA	15
4.4.1	<i>Fundação da futura barragem de rejeitos e entornos</i>	20
5	COMPILAÇÃO DE DADOS	23
5.1	PLUVIOMETRIA	23
5.2	PIEZOMETRIA.....	31
5.2.1	<i>Instrumentos já existentes na área da antiga mina</i>	44
5.2.2	<i>Instrumentos novos na área das antigas cavas</i>	46
5.2.3	<i>Fundação da futura barragem de rejeitos</i>	48
5.2.4	<i>Barragem de captação do igarapé Bahia</i>	49
5.3	RÉGUAS DE NÍVEL	52
5.4	VAZÕES DE VERTEDOUROS.....	53
5.5	POÇOS DE BOMBEAMENTO.....	58
5.6	NASCENTES	67
6	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	77
6.1	ABRANGÊNCIA DO MODELO.....	77
6.2	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	78
6.2.1	<i>Unidade aquífera granular</i>	80
6.2.2	<i>Unidade aquífera fraturada</i>	80
6.2.3	<i>Unidade aquífera semipermeável / aquífero</i>	80
6.2.4	<i>Unidade aquífera impermeável / aquífero</i>	81
6.3	PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS.....	81
6.4	CONDIÇÕES DE RECARGA E DESCARGA.....	85
6.5	CONDIÇÕES DE FLUXO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	86
7	PRÓXIMAS FASES	93
8	CONCLUSÃO	94

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1: Localização da antiga mina do Igarapé Bahia e atual Projeto Alemão.</i>	8
<i>Figura 4.1: Proposta dos novos limites para área de estudos (ADE).</i>	11
<i>Figura 4.2: Posicionamento na proposta inicial para o limite do modelo hidrogeológico das folhas topográficas do aerolevante executado pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131).</i>	12
<i>Figura 4.3: Mapa comparativo entre as duas propostas para os limites da área de estudos, com a sobreposição da ADA e do aerolevante topográfico realizado pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131).</i>	13
<i>Figura 4.4: Mapa topográfico da área de estudos, proveniente do aerolevante executado pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131), com destaque para as estruturas existentes da antiga mina do igarapé Bahia.</i>	14
<i>Figura 4.5: Mapa hidrográfico da área de estudos.</i>	15
<i>Figura 4.6: Mapa de formas estruturais das cavas Acampamento Norte, Acampamento Sul e Furo 30. Extraído do trabalho da WALM de 2019 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90036).</i>	19

<i>Figura 4.7: Mapa de linhas de forma para as cavas Acampamento Sul, Acampamento Norte e Furo 30. Extraído do trabalho da WALM de 2019 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90036).</i>	20
<i>Figura 4.8: Mapa geológico-geotécnico da fundação da futura barragem de rejeitos da mina do Alemão. Extraído do trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047).</i>	22
<i>Figura 5.1: Distribuição das séries históricas dos registros pluviométricos.</i>	24
<i>Figura 5.2: Médias mensais de chuva por estação de monitoramento.</i>	26
<i>Figura 5.3: Médias mensais de chuva por estação de monitoramento, divididas por ciclo hidrológico.</i>	27
<i>Figura 5.4: Médias, máximas e mínimas mensais de pluviometria para a antiga mina do Igarapé Bahia.</i>	28
<i>Figura 5.5: Médias, máximas e mínimas mensais de pluviometria para a antiga mina do Igarapé Bahia, divididas por ciclos hidrológicos.</i>	28
<i>Figura 5.6: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água já existentes no segmento Acampamento Norte.</i>	37
<i>Figura 5.7: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água já existentes no segmento Acampamento Sul.</i>	38
<i>Figura 5.8: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água já existentes no segmento Furo 30.</i>	39
<i>Figura 5.9: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água já existentes no segmento barragem do Igarapé Bahia.</i>	40
<i>Figura 5.10: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água já existentes no segmento pilhas de estéril.</i>	41
<i>Figura 5.11: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água novos na região das cavas da mina do Igarapé Bahia.</i>	42
<i>Figura 5.12: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água novos na região da fundação da futura barragem de rejeitos do Projeto Alemão e da barragem de captação do Igarapé Bahia.</i>	43
<i>Figura 5.13: Série histórica dos instrumentos INA-249, PZ-05A, PZ-05B e PZ-05C situados no segmento Acampamento Norte.</i>	44
<i>Figura 5.14: Série histórica dos instrumentos PZ-06A, PZ-06B, PZ-06C, PZ-12A, PZ-12B, PZ-13A, PZ-13B, PZ-13C e PZ-13D situados no segmento Acampamento Sul.</i>	45
<i>Figura 5.15: Série histórica dos instrumentos INA-188, INA-198, INA-204, INA-209, INA-214, INA-219, INA-220 e INA-222 situados no segmento Acampamento Sul.</i>	45
<i>Figura 5.16: Série histórica dos instrumentos INA-232, INA-235, INA-241, INA-271, INA-273, INA-274, INA-282 e INA-290 situados no segmento Acampamento Sul.</i>	46
<i>Figura 5.17: Série histórica dos instrumentos SR 1001, SR 1003, SR 1004, SR 1016 e SR 1008 situados na área das antigas cavas da mina do Igarapé Bahia.</i>	47
<i>Figura 5.18: Série histórica dos instrumentos SR 1009, SR 1010, SR 1011, SR 1013, SR 1014 e SR 1027 situados na área das antigas cavas da mina do Igarapé Bahia.</i>	47
<i>Figura 5.19: Série histórica dos instrumentos BR-ALM-PZ-08, BR-ALM-PZ-02, BR-ALM-PZ-05, BR-ALM-PZ-04 e BR-ALM-INA-01 situados na fundação da futura barragem de rejeitos do Projeto Alemão.</i>	48
<i>Figura 5.20: Série histórica dos instrumentos BR-ALM-PZ-01, BR-ALM-PZ-06, BR-ALM-PZ-03, BR-ALM-PZ-07 e BR-ALM-PZ-09 situados na fundação da futura barragem de rejeitos do Projeto Alemão.</i>	49
<i>Figura 5.21: Série histórica dos instrumentos MIBBIGPZ01, MIBBIGPZ02, MIBBIGPZ03 e MIBBIGPZ04 situados na barragem do Igarapé Bahia.</i>	50
<i>Figura 5.22: Série histórica dos instrumentos MIBBIGPZ05, MIBBIGPZ06, MIBBIGPZ07 e MIBBIGPZ08 situados na barragem do Igarapé Bahia.</i>	50
<i>Figura 5.23: Série histórica dos instrumentos MIBBIGPZ010, MIBBIGPZ011, MIBBIGPZ012 e MIBBIGPZ013 situados na barragem do Igarapé Bahia.</i>	51
<i>Figura 5.24: Série histórica dos instrumentos MIBBIGPZE014, MIBBIGPZE015, MIBBIGPZE016, MIBBIGPZE017, MIBBIGPZE019 e MIBBIGPZE020 situados na barragem do Igarapé Bahia.</i>	51
<i>Figura 5.25: Recuperação do nível de água dos lagos das cavas Acampamento Sul e Furo 30.</i>	52
<i>Figura 5.26: Monitoramento do nível de água da barragem de captação do Igarapé Bahia.</i>	53
<i>Figura 5.27: Localização dos instrumentos de monitoramento da vazão no Projeto Alemão.</i>	54
<i>Figura 5.28: Hidrograma das descargas da galeria de pesquisa.</i>	55
<i>Figura 5.29: Hidrograma das descargas das cavas Acampamento Sul e Furo 30.</i>	56
<i>Figura 5.30: Hidrograma da barragem do Igarapé Bahia.</i>	57
<i>Figura 5.31: Hidrograma dos Igarapés Galeria e Alemão.</i>	58

Figura 5.32: Localização dos poços de bombeamento da antiga mina do Igarapé Bahia.	59
Figura 5.33: Hidrograma das vazões dos poços ACN01, ACN01A e ACN02 da cava Acampamento Norte.	60
Figura 5.34: Hidrograma de vazões dos poços ACP01 e ACP03 da cava Acampamento Sul.	61
Figura 5.35: Hidrograma de vazões dos poços ACP04 e ACP05 da cava Acampamento Sul.	62
Figura 5.36: Hidrograma de vazões dos poços ACP06 e ACP07 da cava Acampamento Sul.	63
Figura 5.37: Hidrograma de vazões dos poços ACP08 e ACP09 da cava Acampamento Sul.	64
Figura 5.38: Hidrograma de vazões dos poços ACP10 e ACP11 da cava Acampamento Sul.	65
Figura 5.39: Hidrograma de vazões dos poços FTP01 e FTP02 da cava Furo 30.	66
Figura 5.40: Hidrograma de vazões dos poços FTP03, FTP04 e FTP05 da cava Furo 30.	67
Figura 5.41: Localização das nascentes cadastradas pelos trabalhos da GOLDER de 2004 e 2011 (Relatórios técnicos RT-029-5123-5110-0022-01-B e RT-019_089-515-2012_01-J), e da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03062).	75
Figura 5.42: Localização das nascentes cadastradas pela CLAM em 2022.	76
Figura 6.1: Mapa da área de estudos, mostrando a delimitação do modelo conceitual em comparação com o modelo da MDGEO de 2020.	78
Figura 6.2: Seção esquemática das classes de maciços RMR na área do Acampamento Sul.	83
Figura 6.3: Mapa potenciométrico da área de estudos.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Litotipos identificados no Corpo Mineralizado do Alemão. Modificado dos trabalhos da VOGBR de 2012 (Relatório técnico RL-9000IB-X-01326) e da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047).	16
Tabela 5.1: Médias por mês e totais das médias da precipitação pluviométrica para as diferentes estações pluviométricas pesquisadas.	24
Tabela 5.2: Dados de precipitação da estação pluviométrica Igarapé Bahia (em mm).	29
Tabela 5.3: Dados de precipitação da estação pluviométrica Serra dos Carajás N5 (em mm).	30
Tabela 5.4: Instrumentos de monitoramento do nível d'água já existentes na antiga mina do Igarapé Bahia e atual Projeto Alemão.	32
Tabela 5.5: Relação dos instrumentos de monitoramento do nível d'água recém-instalados na área do Projeto Alemão.	36
Tabela 5.6: Pontos de medição de vazão na região do Projeto Alemão.	53
Tabela 5.7: Relação dos poços da mina do Igarapé Bahia.	59
Tabela 5.8: Dados cadastrais das nascentes compilados pelo trabalho da MDGEO de 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072).	68
Tabela 5.9: Nascentes inventariadas dentro dos limites da nova área de estudos pelo trabalho da GOLDER de 2011 (Relatório técnico RT-019_089-515-2012_01-J).	68
Tabela 5.10: Nascentes inventariadas dentro dos limites da nova área de estudos pelo trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03062).	71
Tabela 5.11: Relação de nascentes cadastradas mais de uma vez pelos três inventários realizados na área de estudos.	72
Tabela 5.12: Nascentes inventariadas pelo trabalho da CLAM de 2022.	72
Tabela 6.1: Faixas de condutividade hidráulica obtidas por meio de ensaios de infiltração para as unidades hidrogeológicas presentes na área da fundação da futura barragem de rejeitos e adjacências. Modificado do trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047).	82
Tabela 6.2: Faixas de condutividade hidráulica obtidas por meio de ensaios de perda d'água para as unidades hidrogeológicas presentes na área da fundação da futura barragem de rejeitos e adjacências. Modificado do trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047).	82
Tabela 6.3: Faixas de condutividade hidráulica proposta para o novo modelo numérico, baseadas nos trabalhos da MDGEO de 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072) e da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047).	84
Tabela 6.4: Armazenamento específico (Ss) e specific yield (Sy) propostos para o novo modelo numérico, baseados nos trabalhos da MDGEO 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072) e da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047).	84
Tabela 6.5: Valores de recarga propostos para os diferentes compartimentos na área de estudos, baseados nos trabalhos da GEOKLOCK de 2010 e da MDGEO de 2020 (Relatórios técnicos SP_P4888_R0256_2010 e RL-1000IB-X-90072).	85

		RELATÓRIO MDGEO Nº
		R_1284WALM_VALE_ALEMAO_MC_RF
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLOGICOS – PROJETO ALEMÃO		

Tabela 6.6: Relação de pontos utilizados para a confecção do mapa potenciométrico para a região de estudo..... 87

ANEXOS

ANEXO I - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA
ANEXO II – GRÁFICOS DE MONITORAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA
DE INSTRUMENTOS ANTIGOS

 MDGEO		RELATÓRIO MDGEO Nº
		R_1284WALM_VALE_ALEMAO_MC_RF
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO		

1 INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta a revisão do modelo conceitual para a área da antiga mina do Igarapé Bahia, atual Projeto Alemão, bem como a compilação dos dados de monitoramento hidrogeológico para a região estudada.

O Projeto Alemão consiste em uma nova fase exploratória no local onde funcionou até o ano de 2002 a cava a céu aberto de Cu-Au do Igarapé Bahia. Nesse novo estágio da operação, a lavra será desenvolvida de forma subterrânea pelo método do *sublevel caving* para a extração do corpo Alemão, mineralizado em cobre.

O principal objetivo dessa nova compilação de dados e revisão do modelo hidrogeológico conceitual será o de subsidiar uma revisão do modelo hidrogeológico conceitual e um novo modelo numérico para a área de interesse, que contemplará uma área maior que a do estudo anterior realizado pela MDGEO em 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072), visando atender a demandas apresentadas pelo ICMBio para a autorização para o licenciamento ambiental do empreendimento.

2 LOCALIZAÇÃO

O Projeto Alemão situa-se no município de Parauapebas/PA e se insere na denominada “Província Mineral de Carajás”, próximo a outros empreendimentos desenvolvidos pela Vale tais como as minas de Sossego, Manganês do Azul, S11D e Salobo.

O acesso ao local é feito a partir do perímetro urbano de Parauapebas pela rodovia PA-275, onde se percorre aproximadamente 120 km de distância até a antiga mina do Igarapé Bahia, conforme apresentado na Figura 2.1.



Figura 2.1: Localização da antiga mina do Igarapé Bahia e atual Projeto Alemão.

3 TRABALHOS ANTERIORES

Estão listados a seguir os trabalhos já executados para a região de interesse e que subsidiam o presente trabalho.

REL CVRD IB 003_98	Projeto de rebaixamento do nível d'água, mina do Igarapé Bahia, corpos Acampamento Norte, Sul e Furo 30 - Relatório técnico, elaborado pela MDGEO em 1998.
REL CVRD IB 007_00	Estudo do rebaixamento do nível d'água para as lavras da zona de transição das cavas Furo 30 e Acampamento Sul da mina do Igarapé Bahia - Relatório técnico, elaborado pela MDGEO em 2000.
REL_CVRD_IB_008_02	Relatório de visita técnica, elaborado pela MDGEO em 2001.
019-5131-002	Consolidação dos estudos hidrogeológicos e geotécnicos. Programação de estudos e investigações para a fase de pré-viabilidade do Projeto Alemão - Relatório técnico, elaborado pela GOLDER em janeiro de 2002.
REL_CVRD_DBH_IB_001_02	Diagnóstico inicial da gestão dos recursos hídricos CVRD - Mina do Igarapé Bahia - Relatório técnico, elaborado pela MDGEO em 2003.
Contrato T0290/2002	Geofísica para a detecção de fraturas. Parauapebas-PA, Serra dos Carajás, área do Igarapé Bahia, mina do Alemão - Relatório técnico, elaborado pela AFC GEOFÍSICA em janeiro de 2003.
RT-029-5123-5110-0022-01-B	Relatório dos estudos hidrológicos, hidrogeológicos e geotécnicos para a fase de pré-viabilidade do Projeto Alemão, elaborado pela GOLDER em março de 2004.
RL-500J-00-00131	Complexo minerador de Carajás - Projeto Alemão - Levantamento topográfico a laser - Trabalho elaborado pela Esteio em setembro de 2006.
Relatorio_Alemao_Geologia_e_Modelamento_2007	Relatório do Modelamento Geológico 2006/2007 - Projeto Alemão - Estudo de FEL 2 - Relatório interno, elaborado pela VALE em junho de 2007.
RL-1000-X-00051	Fase de Viabilidade (FEL 2) - Mina - Elaboração de Projetos Geotécnicos, Hidrológicos e Hidrogeológicos, elaborado pela VOGBR em janeiro de 2008.
SP_P4888_R0256_2010	Diagnóstico ambiental da mina do Igarapé Bahia. Floresta Nacional de Carajás - Parauapebas - PA - Relatório Técnico, elaborado pela GEOKLOCK em fevereiro de 2010.
RT-019_089-515-2012_01-J	Estudo de impacto ambiental - EIA - Mina do Alemão - Parauapebas - Pará - Relatório Técnico, elaborado pela GOLDER em abril de 2011.
RL-1000IB-X-01582	Elaboração do modelo hidrogeológico computacional para o Projeto Alemão, Serra dos Carajás, sul do Pará - Relatório Técnico, elaborado pela MDGEO em fevereiro de 2012.

		RELATÓRIO MDGEO Nº
		R_1284WALM_VALE_ALEMAO_MC_RF
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO		

RL-9000IB-X-01326	Projeto Conceitual (FEL 2) - Elaboração de Estudos Geotécnicos, Hidrológicos/Hidráulicos e Hidrogeológicos - Relatório Técnico, elaborado pela VOGBR em abril de 2012.
RL-1000IB-X-90036	Projeto geomecânico de lavra subterrânea para a mina do Alemão - Modelamento geomecânico 3D - Relatório técnico, elaborado pela WALM em 2019.
RL-1000IB-X-90072	Relatório do modelo numérico para os estudos hidrogeológicos do Projeto Alemão, elaborado pela MDGEO em maio de 2020.
WGS-RT-168-01O-20-R01	Solicitação de alteração de outorga de direito de uso dos recursos hídricos para captação de água subterrânea em poço tubular profundo - Outorga nº 3581/2019 - Mina do Igarapé Bahia - Parauapebas/PA - Relatório técnico, elaborado pela WATERGEO em julho de 2020.
RL-9010IB-X-03047	Projeto básico - Estruturas hidráulicas - Barragem de rejeitos - Modelagem 3D da fundação da barragem - Relatório técnico, elaborado pela DF+ em janeiro de 2021.
RL-9010IB-X-03051	Projeto básico - Estruturas hidráulicas - Barragem de rejeitos - FEL 3 - Barragem - Relatório Técnico, elaborado pela DF+ em outubro de 2021.
RL_ENG_VALE_MINA DE IGARAPÉ BAHIA_PROJETO ALEMÃO=0	Levantamento geofísico - Projeto Barragem Alemão situada na mina do Igarapé Bahia - Município de Parauapebas, PA. Relatório técnico, elaborado pela AFC GEOFÍSICA em novembro de 2021.
RL-9010IB-X-03046	Projeto básico - Estruturas hidráulicas - Barragem de rejeitos - Balanço hídrico - Relatório técnico, elaborado pela DF+ em novembro de 2021.
RL-1000IB-U-90035	Projeto básico - Mina/Comum - Hydrogeological model peer review - Memorando técnico, elaborado pela HATCH em novembro de 2021.
RL-1000IB-U-90036	Projeto básico - Mina/Comum - Hydrogeological model peer review/FEFLOW - Model development review - Relatório técnico, elaborado pela HATCH em fevereiro de 2022.
RL-9010IB-X-03062	Projeto básico - Estruturas hidráulicas - Barragem de rejeitos - Mapeamento de nascentes – Relatório técnico, elaborado pela DF+ em março de 2022.
RL-1000IB-U-90037	Projeto básico - Mina/Comum - Hydrogeological model peer review - Final report - Relatório técnico, elaborado pela HATCH em março de 2022.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

4.1 LIMITES DA NOVA ÁREA DE ESTUDOS

No âmbito do novo modelo hidrogeológico voltado ao licenciamento ambiental, foi proposto um novo limite para a área de estudos que englobasse toda a ADA (Área Diretamente Afetada) pela operação da mina e a barragem de rejeitos. Dessa forma, foi proposta uma nova delimitação (Figura 4.1), visando a atender essa demanda.

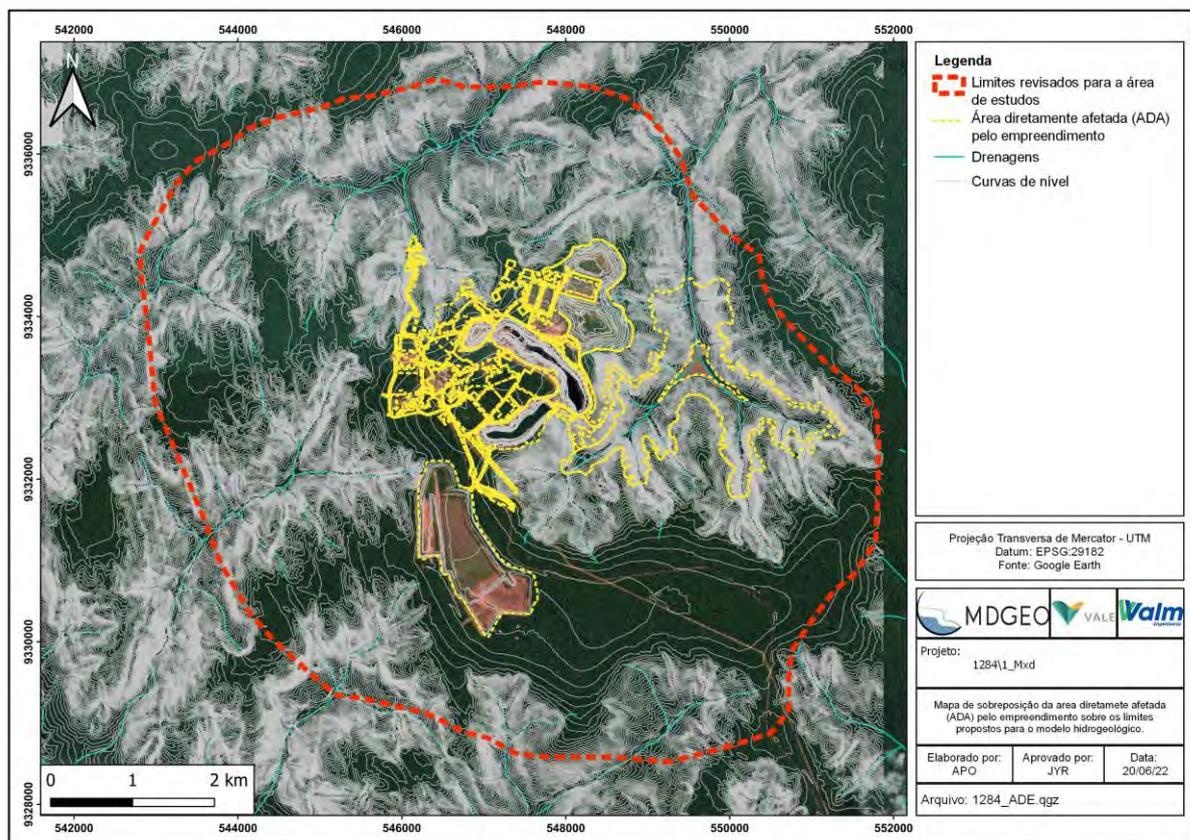


Figura 4.1: Proposta dos novos limites para área de estudos (ADE).

4.2 TOPOGRAFIA

Assim como no modelo hidrogeológico anterior produzido pela MDGEO em 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072), a base topográfica levantada pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131) subsidiará este novo trabalho.

A Figura 4.2 mostra o posicionamento das folhas produzidas por este aerolevantamento na delimitação inicial do novo modelo hidrogeológico. Como se

pode visualizar no mapa a seguir, uma porção da região proposta para o novo modelo se encontrava fora da cobertura dessa base topográfica. Dessa forma, foi feito um ajuste no limite oeste da área de estudos, com objetivo de manter toda a área de interesse em uma mesma base topográfica. O mapa da Figura 4.3 exibe o comparativo entre as delimitações para cada proposta apresentada, bem como a sobreposição da ADA e do levantamento topográfico sobre a área de interesse.

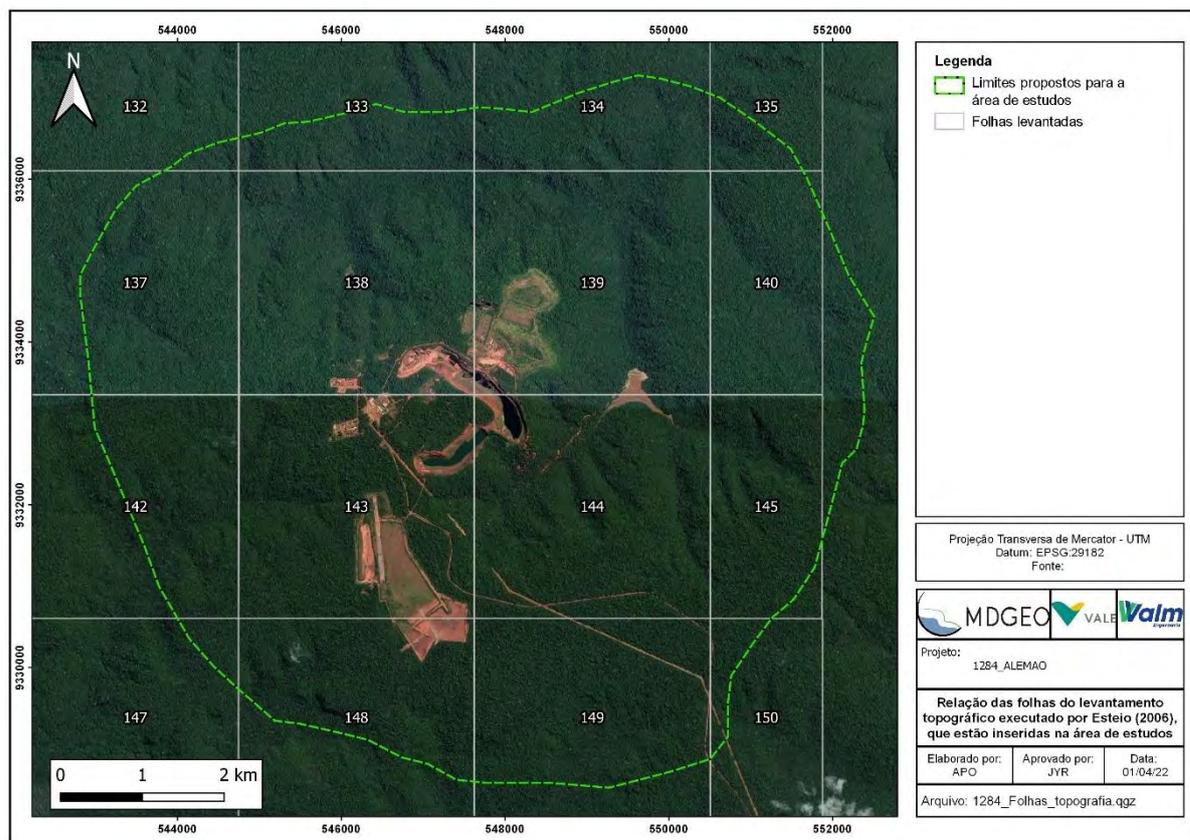


Figura 4.2: Posicionamento na proposta inicial para o limite do modelo hidrogeológico das folhas topográficas do aerolevante executado pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131).

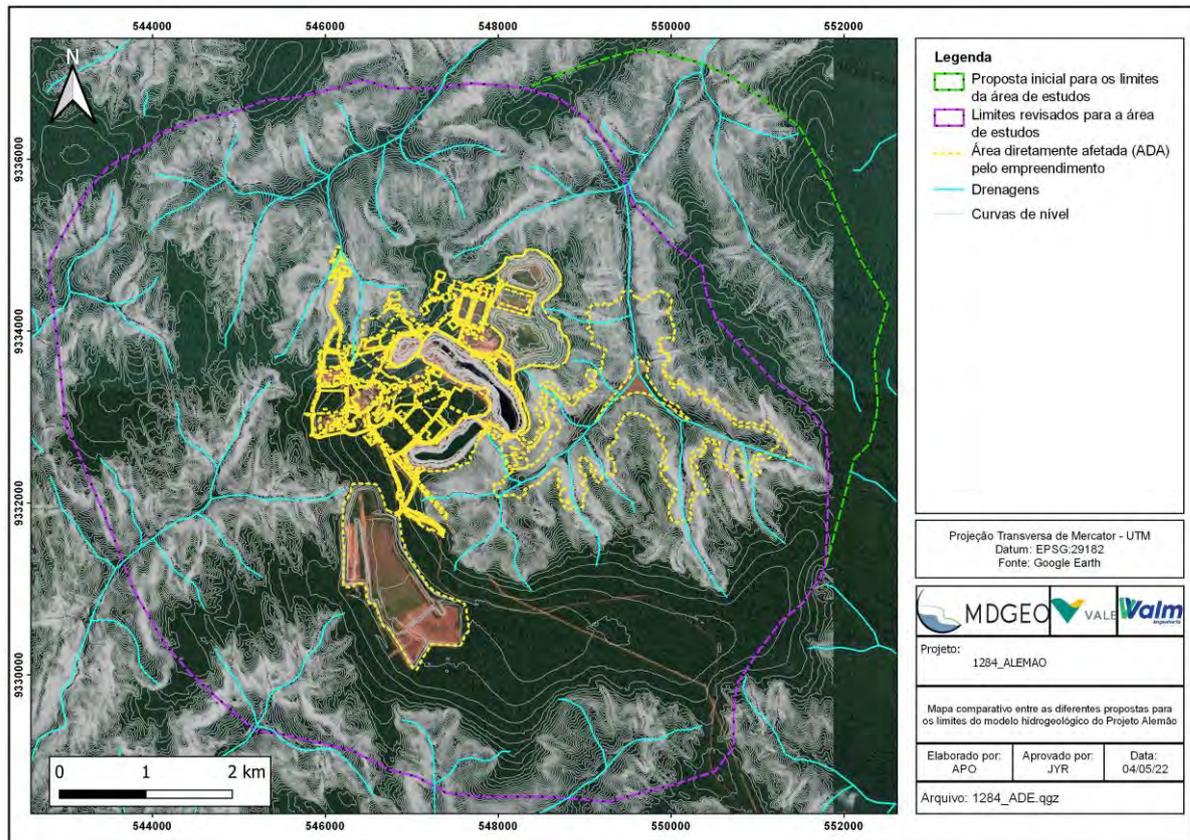


Figura 4.3: Mapa comparativo entre as duas propostas para os limites da área de estudos, com a sobreposição da ADA e do aerolevante topográfico realizado pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131).

Sobre a topografia, as curvas de nível se dispõem entre as cotas mínima de 335 m e máxima de 685 m. O desnível é mais pronunciado nas porções onde há a presença dos sistemas de drenagens, especialmente no compartimento setentrional da área e em porções à jusante da barragem de captação de água. O relevo possui maior elevação na parte central, coincidente à ocorrência das lateritas ferruginosas e onde se encontra o corpo do Alemão. Essa zona forma um platô, conferindo um topo aproximadamente achatado que se estende às antigas cavas do Acampamento Norte, Acampamento Sul e Furo 30, bem como às outras estruturas da mina como as pilhas de estéril, pista de pouso e antiga usina. A Figura 4.4 exhibe a topografia da região estudada a partir desse levantamento realizado e as estruturas existentes na antiga mina do Igarapé Bahia.

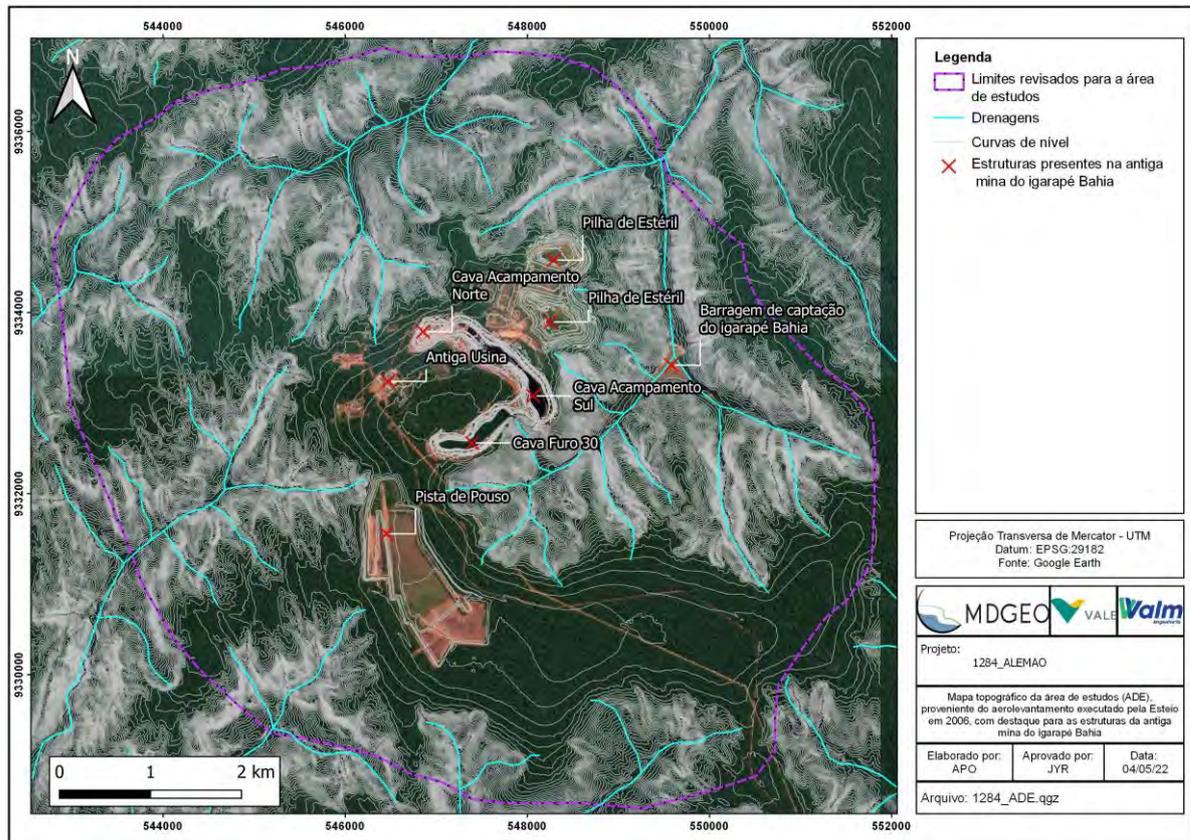


Figura 4.4: Mapa topográfico da área de estudos, proveniente do aerolevanteamento executado pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131), com destaque para as estruturas existentes da antiga mina do Igarapé Bahia.

4.3 HIDROGRAFIA

A região estudada está compartimentada em seis sub-bacias distintas. Os cursos d'água que estão presentes dentro dos limites da zona de interesse são o Igarapé Bahia, que compreende toda a porção nordeste-leste e a área barragem homônima; o Igarapé Sergipe, ao sul; o Igarapé Alagoas, a sudoeste; o Igarapé Ceará, a oeste; o Igarapé Pernambuco, a noroeste; e o Igarapé Alemão, a norte, com seu tributário Igarapé Galeria que se localiza próximo à cava Acampamento Norte, a noroeste da mesma. O mapa da Figura 4.5 apresenta a localização dos Igarapés presentes na área do Projeto Alemão.

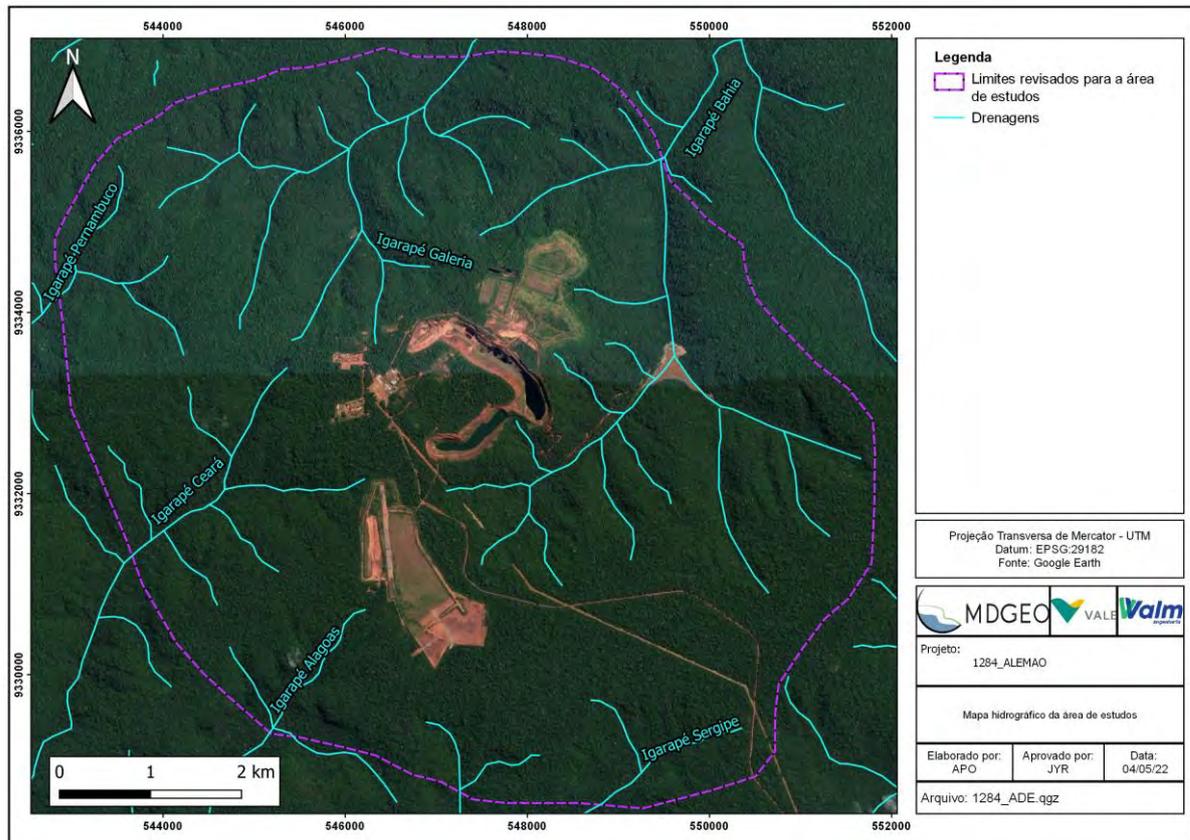


Figura 4.5: Mapa hidrográfico da área de estudos.

4.4 GEOLOGIA

De acordo com os trabalhos realizados pela VOGBR (Relatório técnico RL-9000IB-X-01326), VALE (Relatório interno Relatorio_Alemao_Geologia_e_Modelamento_2007) e pela DF+ (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047), a geologia local é constituída por litotipos do Grupo Igarapé Bahia e da Formação Águas Claras, que contemplam sequências de rochas ígneas, sedimentares, metassedimentares e metavulcanossedimentares, além de coberturas sedimentares recentes.

As unidades geológicas encaixantes identificadas por este trabalho na antiga mina do Igarapé Bahia são as seguintes:

- Arenitos Águas Claras;
- Metassedimentos;
- Metavulcanoclásticas;
- Brechas Carbonáticas;

- Gabros;
- Chert.

Na porção mineralizada, o trabalho conseguiu identificar:

- Brechas Magnetíticas;
- Brechas Cloríticas Sulfetadas.

E quanto às coberturas recentes, estas podem ser divididas em:

- Solos;
- Colúvio;
- Alúvio;
- Tálus;
- Lateritas Ferruginosas.

As litologias, especialmente aquelas que compõem o corpo de minério, foram descritas por meio de testemunhos de sondagens. Nas mesmas sondagens, foi também identificada uma sequência de três zonas de alteração, sendo uma oxidada no topo, uma intermediária e uma sulfetada na base.

A disposição estratigráfica das unidades litológicas mencionadas acima é ilustrada pela Tabela 4.1 a seguir. No contexto aqui apresentado, não há um ordenamento cronológico das fácies no Grupo Igarapé Bahia.

Tabela 4.1: Litotipos identificados no Corpo Mineralizado do Alemão. Modificado dos trabalhos da VOGBR de 2012 (Relatório técnico RL-9000IB-X-01326) e da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047).

Supergrupo	Grupo	Formação	Fácies
		Cobertura Cenozoica	Solo
			Colúvio
			Alúvio

Supergrupo	Grupo	Formação	Fácies
			Tálus
			Laterita Ferruginosa
		Intrusiva	Gabro
		Águas Claras	Arenito
Itacaiúnas	Igarapé Bahia	Grotas do Vizinho / Metassedimentar superior	Metassedimento
			Chert
			Brecha Carbonática
		Grotas do Vizinho / Metavulcânico inferior	Brecha Clorítica Sulfetada
			Brecha Magnética
			Metavulcanoclástica

O arcabouço estrutural local é definido por um sistema de falhamentos de direcionamento preferencial NE-SW. Eles são importantes pois condicionaram a injeção de rochas intrusivas em seus planos, deslocam a zona de intemperismo para uma profundidade maior e incrementam a condutividade hidráulica esperada para a área. Todas essas falhas atravessam a zona que compreende o futuro cone de abatimento. As estruturas presentes são as seguintes:

- Falha Açai;
- Falha Bacaba;
- Falha Bragança;
- Falha Caeté;
- Falha Capim;
- Falha Guama;
- Falha Marabá;
- Falha Soure;
- Falha Vigia.

Dentre as estruturas listadas, as mais proeminentes são as falhas Açai, Bacaba, Bragança, Capim, Marabá e Soure segundo o levantamento geofísico realizado pela AFC GEOFÍSICA em 2003 (Relatório técnico T0290/2002).

		RELATÓRIO MDGEO Nº R_1284WALM_VALE_ALEMAO_MC_RF
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLOGÍCOS – PROJETO ALEMÃO		

Quanto ao corpo de minério, este se encontra com o strike N45E, concordante ao das rochas encaixantes e com mergulho de 80° para NW. Eles apresentam formas semicirculares e suas dimensões são de 500m de comprimento e de 50 a 200m de largura.

No trabalho desenvolvido pela WALM em 2019 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90036) foi feito um estudo estrutural aprofundado das três cavas da mina do Igarapé Bahia (Acampamento Norte, Acampamento Sul e Furo 30) e que gerou como produto um modelo tectono-estrutural atualizado da mesma. A elaboração desse modelo é importante pois auxilia no entendimento do processo de mineralização do corpo Alemão e do comportamento das estruturas localmente.

No Acampamento Norte, as foliações e zonas de cisalhamento apresentam uma atitude principal também na direção NE-SW, com mergulho subverticalizado preferencialmente para SE. Foi interpretado que essas condicionantes representam uma zona de cisalhamento em regime dúctil.

Entre o Acampamento Norte o Acampamento Sul, as feições sofrem uma deflexão por uma rotação horária das atitudes de NE-SW para E-W e NW-SE, modificando o mergulho para N e NE, respectivamente. O direcionamento para NW-SE e o respectivo mergulho acabam por se assemelhar às características observadas no Acampamento Sul.

Por sua vez, no Furo 30, os elementos possuem um *trend* similar ao do observado no Acampamento Norte. Todavia há uma mudança restrita à porção W, em que há o deslocamento das atitudes para NW-SE e mergulho para SW. Segundo o texto, isto se deve à presença também de uma zona de cisalhamento dúctil de direção NW-SE, subparalelizada àquela encontrada no Acampamento Norte. O mapa da Figura 4.6 resume a compartimentação estrutural discutida nesse tópico.

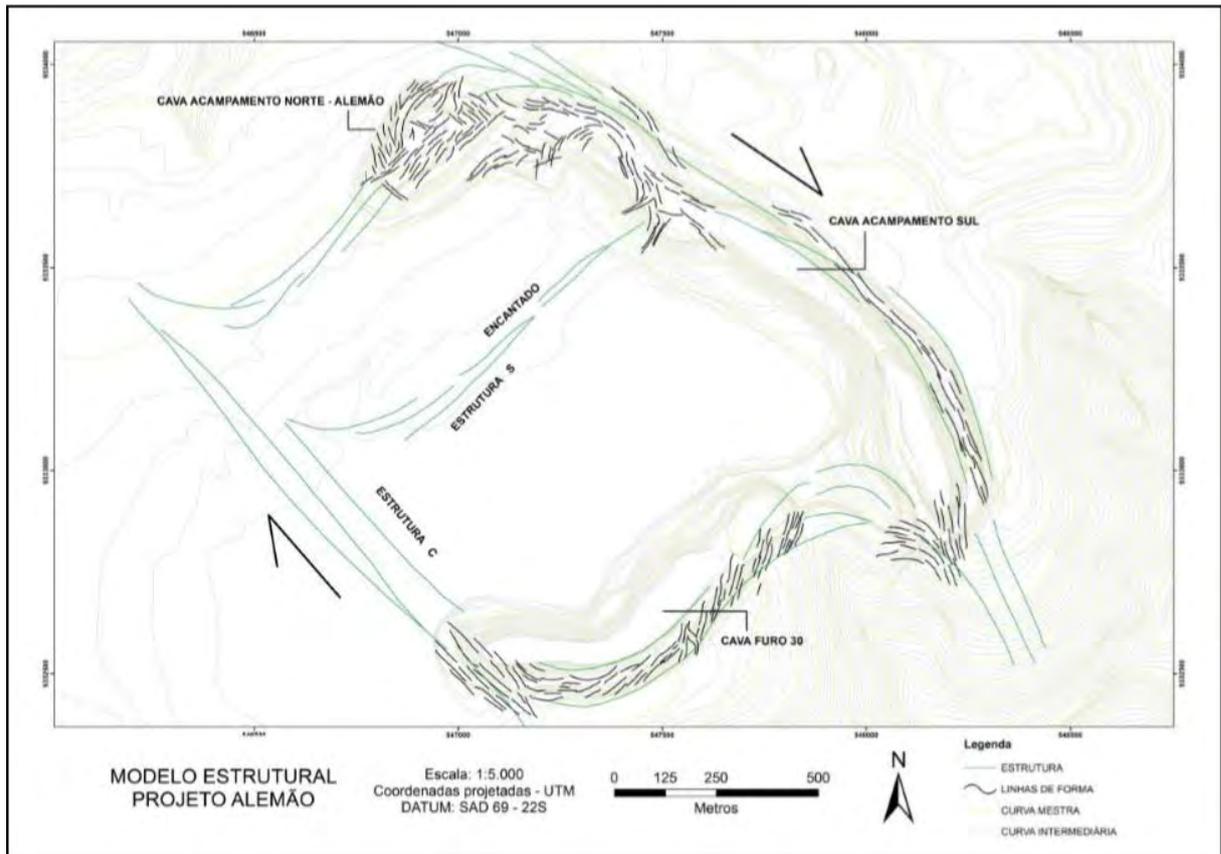


Figura 4.6: Mapa de formas estruturais das cavas Acampamento Norte, Acampamento Sul e Furo 30. Extraído do trabalho da WALM de 2019 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90036).

O mapa da Figura 4.7 apresenta um mapa geológico de detalhe para as três cavas, com os respectivos estereogramas representativos das feições os quais se fazem presentes. A disposição dos pólos em todos eles evidencia a subverticalidade das estruturas e corrobora o modelo que indica a flexão das mesmas.

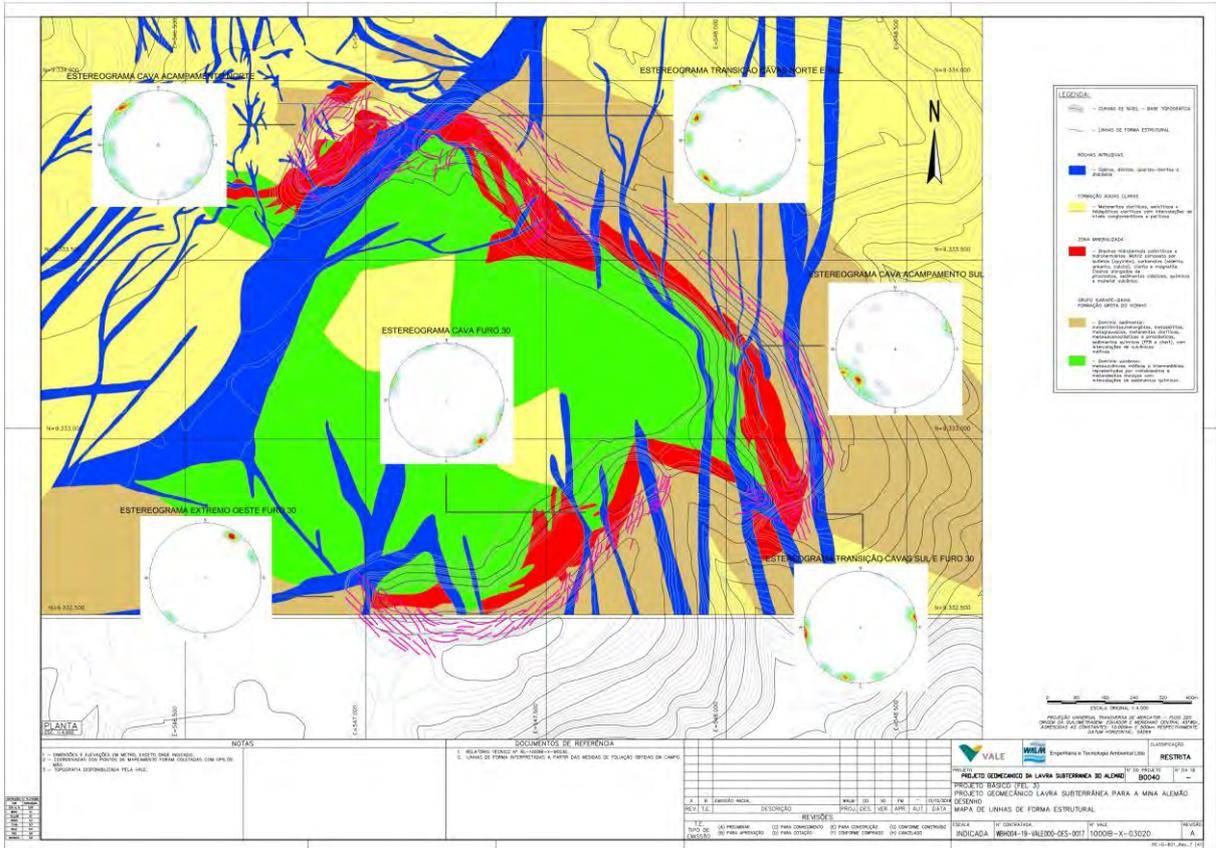


Figura 4.7: Mapa de linhas de forma para as cavas Acampamento Sul, Acampamento Norte e Furo 30. Extraído do trabalho da WALM de 2019 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90036).

4.4.1 Fundação da futura barragem de rejeitos e entornos

O trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047) apresenta um modelo geológico proposto para a fundação e os entornos da futura barragem de rejeitos da mina subterrânea do Alemão. As investigações geológico-geotécnicas foram realizadas em diferentes frentes, a partir da revisão e reinterpretação de sondagens realizadas pelas empresas GEOMINAS e VOGBR no ano de 2011, da interpretação de levantamentos geofísicos pelos métodos de resistividade elétrica, sísmica de refração e potencial espontâneo, além de uma campanha expedita de mapeamento geológico realizada pela própria DF+. Importante ressaltar também que, até o fechamento do trabalho referido acima, os dados provenientes de uma nova bateria de sondagens executada pela GEOMINAS em 2021 não haviam sido disponibilizados ainda a este estudo.

Sobre a geologia local, o relatório indica a presença dos arenitos da Formação Águas Claras, diabásios e metavulcânicos, tendo sido identificados também saprólitos

		RELATÓRIO MDGEO Nº
		R_1284WALM_VALE_ALEMAO_MC_RF
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO		

e solos das litologias mencionadas. Ademais, foram mapeadas coberturas recentes, marcadas pela presença de depósitos dos tipos aluvionar, coluvionar e de tálus.

No arcabouço estrutural local, foi identificada uma evolução deformacional distinta entre as rochas metavulcânicas e os arenitos, onde a primeira exhibe o registro de um evento dúctil e que é bem marcada por uma foliação penetrativa, estando ela mergulhando para SW e verticalizada; e a segunda apresenta uma subhorizontalidade do S0 na zona do barramento, mergulhando suavemente ($< 30^\circ$) para NE e SW. Sobre as fraturas presentes na área, foram identificadas duas famílias, sendo uma com orientação NE-SW e outra NNW-SSE, ambas verticalizadas. Já as falhas, caracterizadas como normais e formadas sob um regime extensional, também se apresentam verticalizadas e orientadas para NNW-SSE. Elas ainda definem o contato lateral entre as metavulcânicas e os arenitos e estão interconectadas com as fraturas orientadas para NE-SW.

A análise do levantamento de eletrorresistividade realizado pela AFC GEOFÍSICA em 2021 (Relatório técnico RL_ENG_VALE_MINA DE IGARAPÉ BAHIA_PROJETO ALEMÃO=0) mostra a presença de anomalias de baixas e altas resistividades, além de bruscas descontinuidades laterais que podem indicar mudanças de litologia na fundação da futura barragem ou zonas fraturadas. Sobre as resistividades, os baixos valores presentes ao longo do talvegue do igarapé Bahia se devem à presença de um dique de diabásio e seu produto de alteração; já as anomalias com altos valores de resistividade, presentes nas regiões de ombreira do barramento, foram interpretadas como resposta da existência de arenitosãos e saprolíticos secos. Concomitantemente, a sísmica de refração demonstrou a existência de um grande range de velocidades, variando desde muito baixas a muito altas. Os domínios de baixas velocidades foram interpretados como sendo correspondentes aos solos de metavulcânicas, rochas muito alteradas e/ou fraturadas, colúvios e alúvios, litologias essas mais superficiais. À medida que em que se analisa os resultados em maior profundidade é observado um aumento nas velocidades registradas, o que indica uma maior compactação e menor grau de alteração das rochas presentes na região estudada, onde rochas como o dique de diabásio encaixado no talvegue do igarapé Bahia exhibe velocidades acima de 3000 m/s.

O mapa da Figura 4.8 mostra o mapa geológico local para a futura fundação da barragem de rejeitos e entornos.

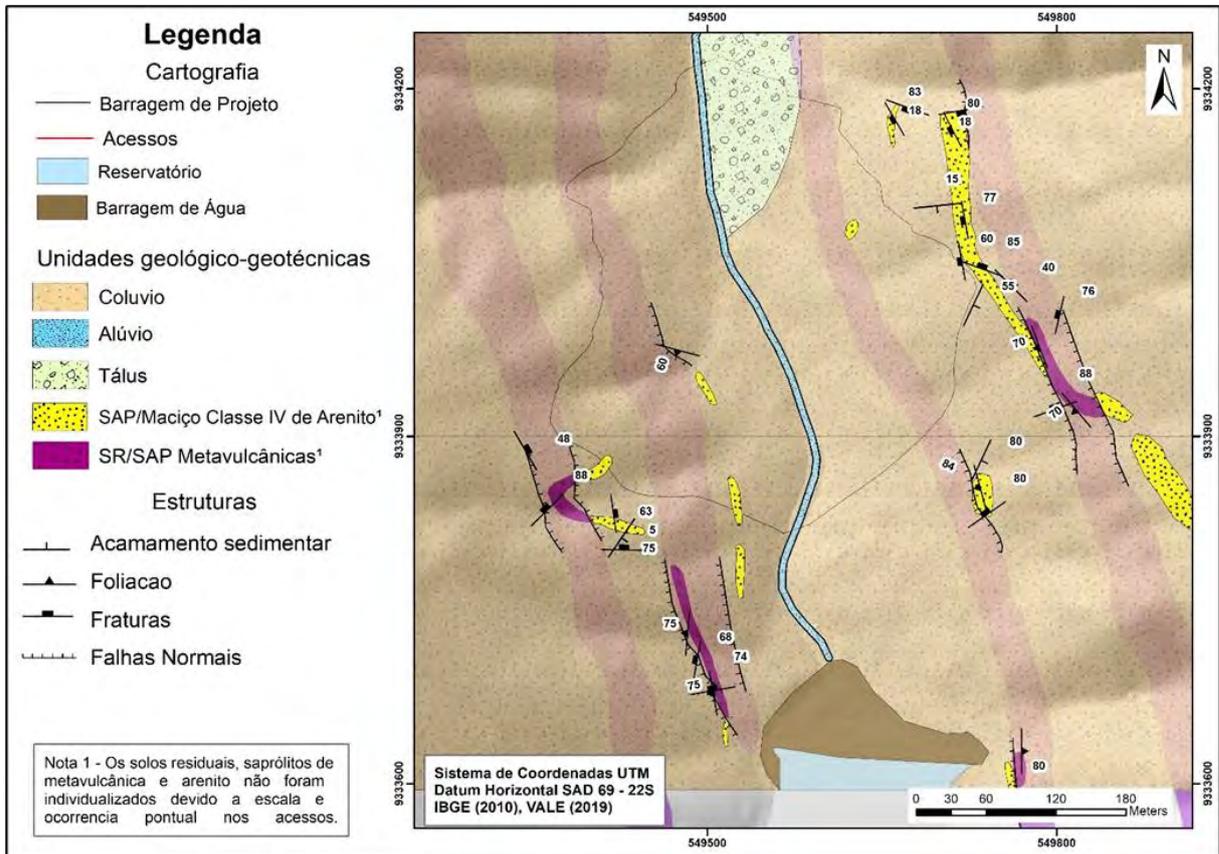


Figura 4.8: Mapa geológico-geotécnico da fundação da futura barragem de rejeitos da mina do Alemão. Extraído do trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047).

5 COMPILAÇÃO DE DADOS

Neste item, será apresentada a compilação dos dados de monitoramento hidrológico e hidrogeológico da antiga mina do Igarapé Bahia e do Projeto Alemão. Grande parte dessas informações já estava compilada no trabalho desenvolvido pela MDGEO em 2020 (Relatório do modelo numérico para os estudos hidrogeológicos do Projeto Alemão - RL-1000IB-X-90072).

Na atual revisão do modelo conceitual e nova compilação de dados, a Vale disponibilizou uma base de dados da época da antiga mina do Igarapé Bahia para ser verificada e se necessário, incluir no presente trabalho todas as informações que não foram previamente inseridas. Foram adicionados também um cadastro de nascentes e dados de monitoramento de nível d'água, no âmbito dos estudos da empresa DF+ para a implementação da barragem de rejeitos (relatórios técnicos RL-9010IB-X-03062 e RL-9010IB-X-03047), além de informações atualizadas de pluviometria e de monitoramento piezométrico.

Para o atendimento às demandas apresentadas pelo ICMBio, foram incluídos dados de cadastramento de nascentes realizados pela GOLDER em 2011 (Relatório do estudo de impacto ambiental - EIA - RT-019_089-515-2012_01-J) e pela CLAM em 2022 (Relatório técnico - CL-HC-892-RT-01-00), do poço de bombeamento ACP11, que se encontra em operação atualmente para abastecimento do escritório da mina, além da recente instalação de uma estação meteorológica automática no Igarapé Bahia pelo Instituto Tecnológico do Vale - ITV.

5.1 PLUVIOMETRIA

O padrão das chuvas existente na área de estudos foi caracterizado com base em uma correlação dos registros de monitoramento da estação Igarapé Bahia com os dados climatológicas da Serra dos Carajás N5, que possui série histórica do período de 1983 a 2022; de São Félix do Xingu, monitorada entre 1972 e 2020; e de Marabá, cuja série abrange os anos de 1973 a 2020. Esse procedimento foi realizado devido à uma grande ausência de registros da estação mencionada (com registros da série histórica nos períodos de 1998 a 2002 e 2020 a 2022), em que a estação Serra dos Carajás N5 apresentou a melhor correlação dos dados.

Por sua vez, os registros das estações do Núcleo Urbano de Carajás, Mina N4, Pátio do Estocagem e também do Igarapé Bahia foram somente considerados para a compilação das precipitações médias, dado à limitação de seus monitoramentos. As séries históricas (Figura 5.1) obtidas nas estações da Vale, da Agência Nacional das Águas e do Instituto Nacional de Meteorologia permitiram caracterizar o regime pluviométrico que atua na área e que mostram um comportamento sazonal da distribuição das chuvas, como observado na Tabela 5.1.

A pluviometria média na área de estudo apresenta valores entre 1.500 e 2.000 mm, conforme os dados da Secretaria de Estado do Meio Ambiente do estado do Pará e citada no trabalho da GOLDER de 2011 (Relatório técnico RT-019_089-515-2012_01-J).

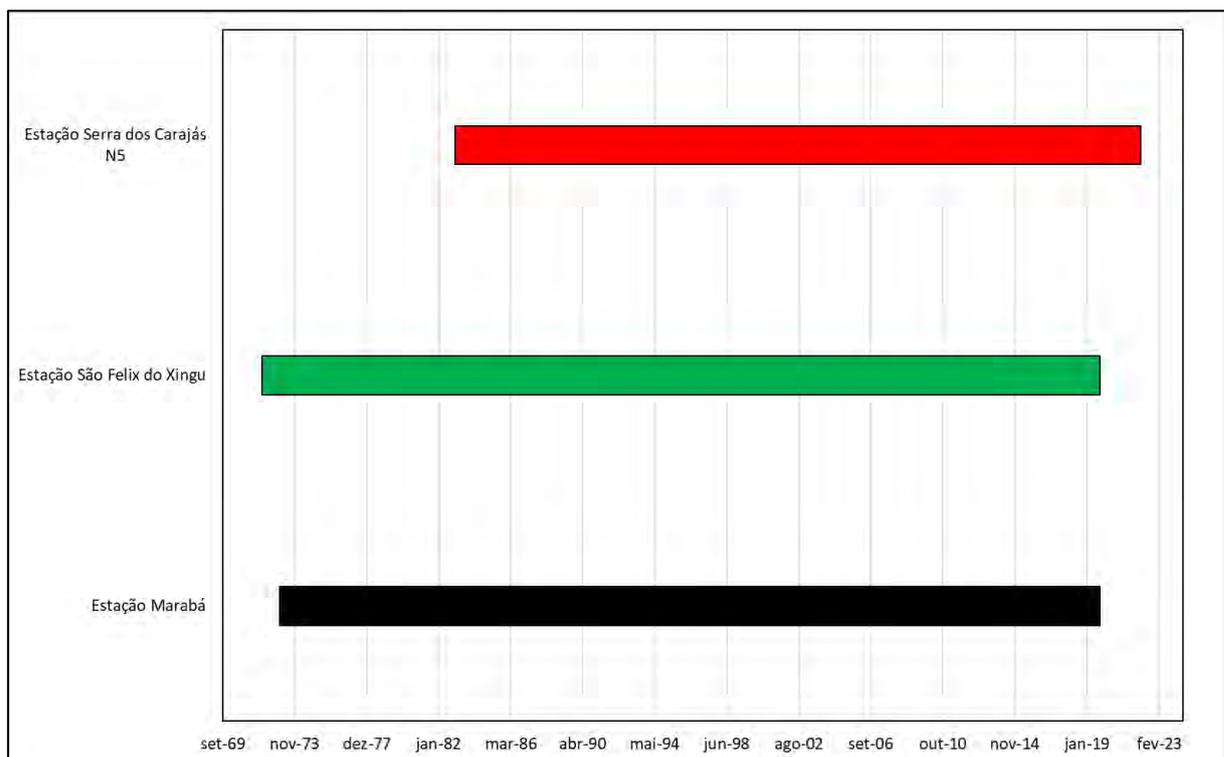


Figura 5.1: Distribuição das séries históricas dos registros pluviométricos.

Tabela 5.1: Médias por mês e totais das médias da precipitação pluviométrica para as diferentes estações pluviométricas pesquisadas.

Estação	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	TOTAL
Núcleo Urbano	146	222	274	308	336	248	122	35	18	28	66	121	1924
Igarapé Bahia	182	188	250	211	312	214	130	39	35	18	76	121	1776

Estação	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	TOTAL
Mina N4	145	232	284	273	340	219	109	28	20	19	79	101	1849
Pátio Estocagem	150	181	241	219	243	167	110	20	15	17	58	117	1538
Serra dos Carajás N5	163	216	287	296	342	246	128	29	18	23	60	109	1918
São Felix do Xingu	170	204	260	303	314	222	108	33	13	51	111	160	1947
Marabá	148	215	254	305	348	244	108	27	17	14	45	92	1819

Em hidrologia, o ano hidrológico é definido por um período contínuo de doze meses durante o qual ocorre um ciclo anual climático completo. De acordo com os dados de precipitação percebe-se dois períodos distintos caracterizando o ano hidrológico:

- Período chuvoso, de novembro a abril;
- Período seco, de maio a outubro.

A precipitação anual média na região é da ordem de 1.927 mm, com uma concentração de 81% nos meses de novembro a abril. As médias mensais de chuva comportam-se de forma similar nas diversas estações existentes (Figura 5.2). O trimestre de janeiro a março é o de maior concentração, reunindo 48% da precipitação anual ou o valor médio da ordem de 925 mm. Os meses de junho a agosto são os mais secos e juntos representam menos de 4% da chuva anual.



Figura 5.2: Médias mensais de chuva por estação de monitoramento.

A Figura 5.3 por sua vez apresenta as médias mensais de chuva por estação de monitoramento, divididas por ciclos hidrológicos.

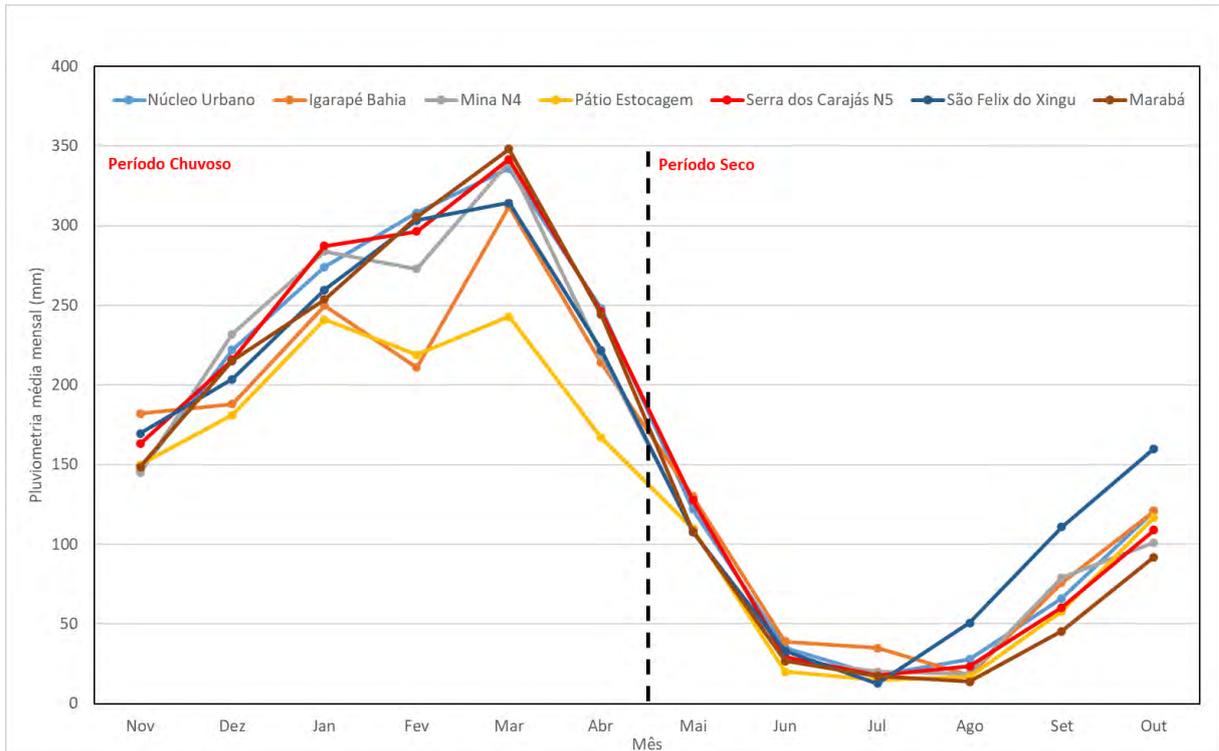


Figura 5.3: Médias mensais de chuva por estação de monitoramento, divididas por ciclo hidrológico.

Para a localização específica da antiga mina do Igarapé Bahia, os registros máximo, médio e mínimo de precipitações mensais estão dispostos na Figura 5.4. Há um pico no mês de março e uma baixa entre julho e agosto. Essa disposição pode ser dividida também de acordo com a divisão por ciclo hidrológico, como pode ser visto na Figura 5.5.



Figura 5.4: Médias, máximas e mínimas mensais de pluviometria para a antiga mina do Igarapé Bahia.

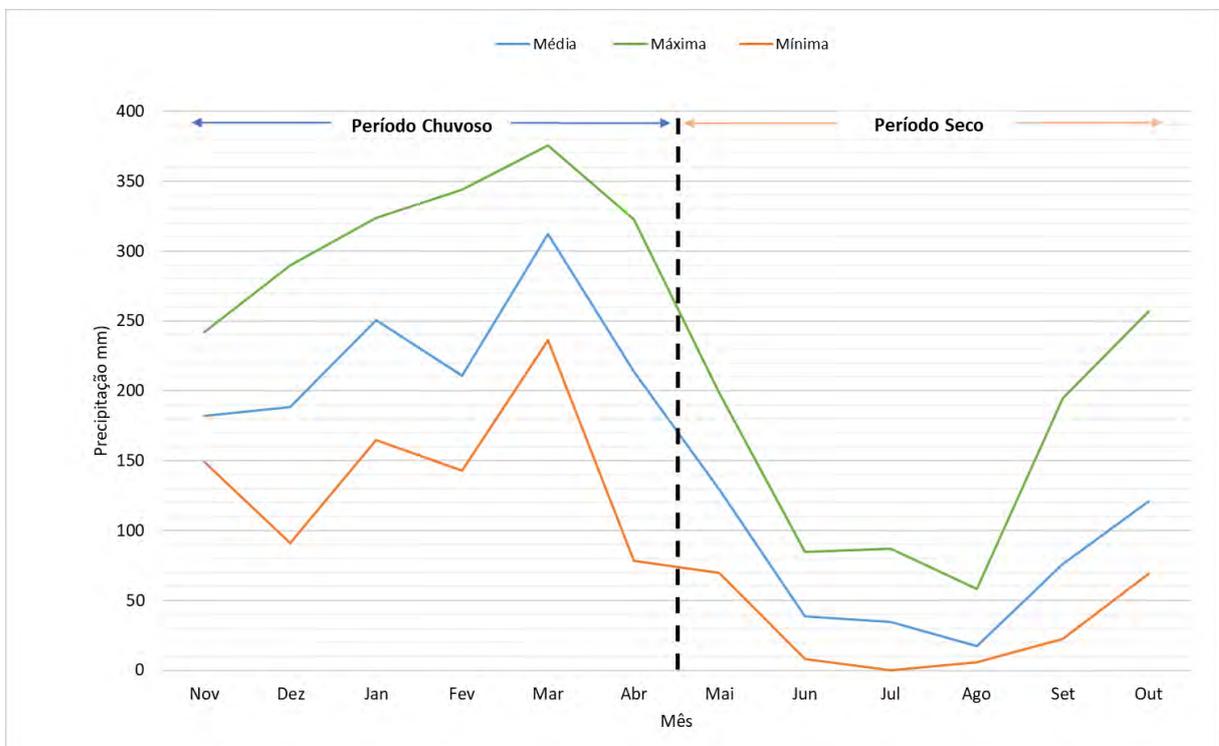


Figura 5.5: Médias, máximas e mínimas mensais de pluviometria para a antiga mina do Igarapé Bahia, divididas por ciclos hidrológicos.

Por fim, a Tabela 5.2 apresenta os dados de precipitação para a estação do Igarapé Bahia e a Tabela 5.3 exibe os registros da estação Serra dos Carajás N5, de melhor correlação com a mencionada anteriormente e que compreende o período de janeiro/1982 a janeiro/2022. Os dados marcados em vermelho indicam as séries que estão incompletas.

Tabela 5.2: Dados de precipitação da estação pluviométrica Igarapé Bahia (em mm).

ANO	PLUVIOMETRIA MENSAL TOTAL (mm)												Total anual (mm)	Total Período Seco (mm)	Total Período Chuvoso (mm)
	Período Chuvoso (mm)						Período Seco (mm)								
	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out			
1997/1998	-	-	225.0	143.0	236.0	78.5	77.0	17.0	87.0	12.0	53.0	89.0	1017.5	335.0	682.5
1998/1999	164.0	91.0	193.0	249.0	324.0	239.0	199.0	19.0	-	6.0	37.0	98.0	1619.0	359.0	1260.0
1999/2000	163.0	175.0	324.0	344.0	339.0	296.0	115.0	56.0	-	58.0	195.0	91.0	2156.0	515.0	1641.0
2000/2001	149.0	197.0	228.0	169.0	304.0	125.0	191.0	85.0	49.0	14.0	48.0	257.0	1816.0	644.0	1172.0
2001/2002	192.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	192.0	-	192.0
2002/2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003/2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004/2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005/2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006/2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007/2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009/2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010/2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011/2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012/2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013/2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014/2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015/2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016/2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017/2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018/2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019/2020	-	-	312.7	152.2	368.6	322.7	126.2	8.0	0.0	7.0	22.6	-	1320.0	163.8	1156.2
2020/2021	-	289.9	165.0	273.4	240.4	278.7	69.6	46.6	3.7	8.0	100.0	69.0	1544.3	296.9	1247.4
2021/2022	242.0	-	305.0	147.0	375.5	155.0	-	-	-	-	-	-	1224.5	-	1224.5
Média	182.0	188.2	250.4	211.1	312.5	213.6	129.6	38.6	34.9	17.5	75.9	120.8	1361.2	385.6	1072.0
Máxima	242.0	289.9	324.0	344.0	375.5	322.7	199.0	85.0	87.0	58.0	195.0	257.0	2156.0	644.0	1641.0
Mínima	149.0	91.0	165.0	143.0	236.0	78.5	69.6	8.0	0.0	6.0	22.6	69.0	192.0	163.8	192.0

Tabela 5.3: Dados de precipitação da estação pluviométrica Serra dos Carajás N5 (em mm).

ANO	PLUVIOMETRIA MENSAL TOTAL (mm)												Total anual (mm)	Total Período Seco (mm)	Total Período Chuvoso (mm)
	Período Chuvoso (mm)						Período Seco (mm)								
	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out			
1981/1982	-	-	356.0	289.0	309.0	179.0	45.0	7.0	5.0	6.0	99.0	92.0	1387.0	254.0	1133.0
1982/1983	23.0	173.0	231.0	199.0	571.0	127.0	41.0	4.0	1.0	17.0	53.0	50.0	1490.0	166.0	1324.0
1983/1984	166.0	91.0	369.0	187.0	380.0	563.0	138.0	47.0	17.0	19.0	127.0	92.0	2196.0	440.0	1756.0
1984/1985	101.0	156.0	459.0	384.0	372.0	321.0	153.0	26.0	10.0	7.0	89.0	153.0	2231.0	438.0	1793.0
1985/1986	179.0	478.0	319.0	280.0	475.0	244.0	69.0	104.0	19.0	14.0	86.0	233.0	2500.0	525.0	1975.0
1986/1987	49.0	131.0	152.0	154.0	390.0	154.0	79.0	24.0	0.0	40.0	191.0	171.0	1535.0	505.0	1030.0
1987/1988	151.0	87.0	288.0	405.0	309.0	416.0	34.0	27.0	0.0	43.0	45.0	57.0	1862.0	206.0	1656.0
1988/1989	203.0	335.0	138.0	169.0	504.0	348.0	161.0	97.0	21.0	24.0	89.0	71.0	2160.0	463.0	1697.0
1989/1990	93.0	435.0	166.0	325.0	164.0	143.0	55.0	1.0	49.0	11.0	105.0	141.0	1688.0	362.0	1326.0
1990/1991	40.0	136.0	402.0	190.0	250.0	159.0	168.0	8.0	1.0	4.0	36.0	99.0	1493.0	316.0	1177.0
1991/1992	74.0	158.0	291.0	329.0	164.0	145.0	9.0	0.0	12.0	29.0	54.0	5.0	1270.0	109.0	1161.0
1992/1993	203.0	351.0	134.0	351.0	182.0	173.0	161.0	25.0	15.0	55.0	72.0	198.0	1920.0	526.0	1394.0
1993/1994	291.0	160.0	172.6	338.3	404.8	271.1	166.6	84.4	0.0	9.8	23.3	189.7	2111.6	473.8	1637.8
1994/1995	126.4	347.5	167.9	387.1	245.6	181.9	214.5	9.2	10.3	0.0	42.4	82.0	1814.8	358.4	1456.4
1995/1996	252.2	211.9	262.0	168.6	327.0	216.2	148.3	0.0	2.4	9.6	28.0	107.4	1733.6	295.7	1437.9
1996/1997	259.3	110.7	529.7	162.7	485.7	148.5	101.8	7.9	1.7	15.1	9.7	146.7	1979.5	282.9	1696.6
1997/1998	41.9	178.9	311.4	241.2	257.4	52.1	75.7	28.7	26.9	33.4	31.3	73.1	1352.0	269.1	1082.9
1998/1999	206.1	195.8	156.1	295.2	278.8	193.8	208.0	9.8	0.0	14.3	211.2	72.8	1841.9	516.1	1325.8
1999/2000	131.9	343.5	325.2	498.2	424.9	288.1	39.6	36.3	80.1	18.0	170.9	60.5	2417.2	405.4	2011.8
2000/2001	215.6	325.6	316.4	262.2	294.9	201.0	145.9	21.8	34.8	20.7	45.2	166.4	2050.5	434.8	1615.7
2001/2002	218.3	213.7	412.5	125.0	361.7	81.7	67.4	39.3	20.0	1.5	30.8	61.8	1633.7	220.8	1412.9
2002/2003	26.4	227.2	355.1	420.0	258.3	181.1	86.7	39.6	0.0	65.1	28.8	76.7	1765.0	296.9	1468.1
2003/2004	217.4	124.9	202.2	403.6	248.7	226.8	107.7	11.0	52.4	79.1	34.2	61.2	1769.2	345.6	1423.6
2004/2005	90.1	155.7	77.6	194.1	223.9	67.8	59.1	6.1	1.2	0.0	82.0	43.5	1001.1	191.9	809.2
2005/2006	114.0	365.0	217.5	352.5	413.5	424.0	216.5	1.0	39.0	11.0	18.0	150.0	2322.0	435.5	1886.5
2006/2007	120.5	149.0	129.5	466.0	288.5	220.0	48.0	24.5	14.0	12.0	0.5	34.0	1506.5	133.0	1373.5
2007/2008	51.5	98.0	219.5	201.5	283.0	271.5	140.5	3.5	4.5	70.5	55.5	153.5	1553.0	428.0	1125.0
2008/2009	320.0	300.5	193.5	511.5	597.0	445.0	614.5	19.0	21.5	108.5	57.5	89.0	3277.5	910.0	2367.5
2009/2010	127.5	371.0	327.5	216.1	267.0	338.0	69.0	51.5	3.0	18.5	25.5	130.5	1945.1	298.0	1647.1
2010/2011	252.2	208.9	442.8	368.6	299.6	244.4	289.8	38.0	11.0	12.4	0.4	238.8	2406.9	590.4	1816.5
2011/2012	191.3	265.8	970.0	366.0	442.0	124.5	90.5	95.0	68.5	10.5	25.0	57.0	2706.1	346.5	2359.6
2012/2013	208.5	106.5	277.0	177.1	560.5	623.5	281.0	96.5	95.0	11.0	106.5	173.0	2716.1	763.0	1953.1
2013/2014	551.0	508.5	286.0	238.5	283.5	102.5	166.5	16.0	3.5	0.5	19.5	140.7	2316.7	346.7	1970.0
2014/2015	125.4	127.0	313.9	217.8	301.2	315.0	83.0	8.5	36.9	20.2	0.4	40.0	1589.3	189.0	1400.3
2015/2016	55.0	26.5	584.9	114.5	394.5	376.6	89.8	36.7	0.0	7.4	141.4	79.2	1906.5	354.5	1552.0
2016/2017	105.6	101.8	175.3	471.6	379.5	179.6	128.0	9.8	1.8	44.8	0.0	225.3	1823.1	409.7	1413.4
2017/2018	138.3	256.7	174.7	555.8	199.2	250.9	14.1	9.8	3.0	36.0	53.4	67.7	1759.6	184.0	1575.6
2018/2019	284.1	195.5	284.5	258.1	395.3	368.3	66.3	28.3	19.4	14.6	41.0	86.4	2041.8	256.0	1785.7
2019/2020	158.2	133.0	273.2	283.3	413.6	292.8	195.3	45.2	7.4	18.4	8.4	65.0	1893.8	339.7	1554.1
2020/2021	261.9	123.1	137.3	300.4	264.6	179.4	77.9	22.1	3.0	2.2	78.5	121.6	1572.0	305.3	1266.7

ANO	PLUVIOMETRIA MENSAL TOTAL (mm)												Total anual (mm)	Total Período Seco (mm)	Total Período Chuvoso (mm)
	Período Chuvoso (mm)						Período Seco (mm)								
	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out			
2021/2022	106.1	169.8	175.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	450.9	-	450.9
Média	163.2	215.8	287.2	296.4	341.6	246.0	127.6	29.2	17.8	23.4	60.4	108.9	1927.0	367.3	1556.8
Máxima	551.0	508.5	970.0	555.8	597.0	623.5	614.5	104.0	95.0	108.5	211.2	238.8	3277.5	910.0	2367.5
Mínima	23.0	26.5	77.6	114.5	164.0	52.1	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	1001.1	109.0	809.2

5.2 PIEZOMETRIA

Na área de estudos, há o registro total de 207 instrumentos de monitoramento de nível d'água. Boa parte destes dispositivos já se encontrava inativa na compilação realizada pela MDGEO em 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072), sendo que apenas 22 instrumentos localizados nas cavas Acampamento Norte e Acampamento Sul estavam em funcionamento no período de junho/2019, data de disponibilização daqueles dados.

Na nova compilação de dados, porém, foram incluídos 50 instrumentos, dos quais 28 são novos e 22 já existiam, mas que não haviam sido considerados na compilação anterior. Ademais, foram adicionadas à base de dados leituras de instrumentos localizados nas cavas, nas pilhas de estéril e na barragem de captação do igarapé Bahia, além dos perfis construtivos de 98 dispositivos.

Os registros mais antigos de piezômetros e indicadores de nível de água remontam ao ano de 1995, quando a mina do Igarapé Bahia já estava em operação por 5 anos. Os instrumentos contemplavam as três cavas do Acampamento Sul, Acampamento Norte e Furo 30, bem como a barragem do igarapé Bahia. Muitos desses dispositivos possuem registros de dados escassos e/ou nem existem mais.

No trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047), são descritos 10 novos instrumentos que foram instalados na área da fundação da futura barragem de rejeitos. Como o estabelecimento desses dispositivos ainda é recente, não há uma longa série histórica monitorada.

A Tabela 5.4 dispõe da relação 179 dos 207 instrumentos de monitoramento de nível d'água cadastrados na área de estudos e a Tabela 5.5, por sua vez, a listagem dos dispositivos recém-instalados na área do Projeto Alemão. Os mapas da Figura 5.6, Figura 5.7, Figura 5.8, Figura 5.9 e Figura 5.10 mostram a localização dos

instrumentos já existentes, separados por compartimentos, enquanto que a Figura 5.11 e Figura 5.12 apresentam a localização dos dispositivos recém-instalados na área de estudos.

Tabela 5.4: Instrumentos de monitoramento do nível d'água já existentes na antiga mina do Igarapé Bahia e atual Projeto Alemão.

Instrumento	UTM N	UTM E	Cota	Início monit.	Final monit.	Local	Perfil Construtivo
INA 001	9331859.66	546209.15	?	março/2001	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 002	9332135.33	546300.30	?	março/2001	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 004	9331851.35	546271.12	?	março/2001	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 005	9332114.76	546353.23	?	março/2001	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 011	9332178.84	546444.52	?	março/2001	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 013	9334879.39	548311.26	?	março/2001	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 014	9334262.79	548512.57	?	abril/2000	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 015	9333785.32	548772.09	?	abril/2000	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 016	9334826.78	548327.86	?	março/2001	maio/2001	Estéril	Não
INA 017	9334244.82	548461.59	?	março/2001	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 018	9333795.45	548711.27	?	abril/2000	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 020	9334228.95	548413.98	?	março/2001	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 021	9333801.83	548653.05	?	março/2001	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 023	9334137.83	548338.37	?	março/2001	dezembro/2015	Estéril	Não
INA 024	9333805.04	548622.67	?	março/2001	março/2022	Estéril	Não
INA 24 - Encantado	9333350.57	547637.98	669.38	?	?	Estéril	Não
INA 28 - Encantado	9333199.95	547438.01	672.59	?	?	Estéril	Não
INA 30 - Encantado	9333210.14	547538.02	671.71	julho/2002	agosto/2011	Acp. Sul	Não
INA 31 - Encantado	9333102.89	547337.97	674.59	julho/2002	agosto/2011	Acp. Sul	Não
INA 32 - Encantado	9333273.08	547237.97	671.42	julho/2002	agosto/2011	Acp. Sul	Não
INA 35 - Encantado	9333100.57	547138.03	674.85	julho/2002	março/2005	Acp. Sul	Não
INA 36 - Encantado	9333377.44	547138.02	667.89	julho/2002	novembro/2006	Acp. Sul	Não
INA 37 - Encantado	9333198.48	547138.05	672.49	julho/2002	novembro/2006	Acp. Sul	Não
INA 134	9333382.85	546848.69	665.35	maio/2003	julho/2011	Acp. Sul	Sim
INA 136	9334001.57	547431.47	652.91	agosto/2001	novembro/2011	Acp. Sul	Sim
INA 188	9333852.76	547206.74	584.86	julho/2002	janeiro/2022	Acp. Sul	Não
INA 198	9333701.98	547471.93	580.86	julho/2002	janeiro/2022	Acp. Sul	Não
INA 199	9334040.19	547365.43	650.77	?	?	Acp. Sul	Não
INA 204	9333856.83	547275.66	580.62	julho/2002	janeiro/2022	Acp. Sul	Não
INA 208	9333961.24	547364.01	653.64	?	?	Acp. Sul	Não
INA 209	9333607.85	547590.64	570.89	julho/2002	junho/2019	Acp. Sul	Não
INA 214	9333533.69	547729.09	571.72	julho/2002	novembro/2006	Acp. Sul	Não
INA 219	9333585.41	547637.52	570.47	julho/2002	novembro/2006	Acp. Sul	Não
INA 220	9333486.60	547815.51	570.51	julho/2002	novembro/2006	Acp. Sul	Não
INA 222	9333644.05	547555.94	570.90	julho/2002	outubro/2005	Acp. Sul	Não

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Instrumento	UTM N	UTM E	Cota	Início monit.	Final monit.	Local	Perfil Construtivo
INA 230	9333816.51	547569.15	658.46	?	?	Acp. Sul	Não
INA 232	9333443.99	547976.08	628.28	julho/2002	fevereiro/2022	Acp. Sul	Não
INA 235	9333525.75	547914.50	636.16	julho/2002	fevereiro/2022	Acp. Sul	Não
INA 241	9333674.14	547777.84	652.74	julho/2002	fevereiro/2022	Acp. Sul	Não
INA 271	9333539.00	547271.63	666.83	outubro/2002	junho/2019	Acp. Sul	Não
INA 273	9333928.00	547467.02	655.19	setembro/2002	março/2022	Acp. Sul	Não
INA 274	9333677.20	547780.38	652.83	setembro/2002	fevereiro/2022	Acp. Sul	Não
INA 277	9333623.20	547211.09	665.21	?	?	Acp. Sul	Não
INA 280	9333544.70	548071.23	655.33	?	?	Acp. Sul	Não
INA 282	9333805.30	547757.05	658.18	setembro/2002	junho/2019	Acp. Sul	Não
INA 289	9333315.90	547868.21	655.00	?	?	Acp. Sul	Não
INA 290	9333417.20	547561.18	655.38	outubro/2002	janeiro/2022	Acp. Sul	Não
INA 301	9333509.72	547441.23	650.24	?	?	Acp. Sul	Não
MNA 01	9333512.56	547468.56	645.52	setembro/1996	fevereiro/1999	Acp. Sul	Sim
MNA 332	?	?	?	dezembro/1997	fevereiro/1999	Acp. Sul	Não
MNA 336A	?	?	?	setembro/1996	fevereiro/1999	Acp. Sul	Sim
MNA 336B	?	?	?	setembro/1996	abril/1998	Acp. Sul	Sim
MNA 337	9333507.95	547580.33	639.93	setembro/1996	outubro/1998	Acp. Sul	Sim
MNA 338	9333664.56	547551.56	645.70	setembro/1996	novembro/1998	Acp. Sul	Sim
PZ 06A	9333605.37	547132.03	663.10	abril/2003	junho/2019	Acp. Sul	Não
PZ 06B	9333607.88	547129.94	662.91	abril/2003	janeiro/2022	Acp. Sul	Não
PZ 06C	9333604.74	547128.66	662.95	abril/2003	janeiro/2022	Acp. Sul	Não
PZ 12A	9333337.59	546889.53	666.87	junho/2003	janeiro/2022	Acp. Sul	Não
PZ 12B	9333340.72	546887.29	666.81	junho/2003	janeiro/2022	Acp. Sul	Não
PZ 13A	9333831.05	547321.09	580.43	abril/2003	janeiro/2022	Acp. Sul	Não
PZ 13B	9333833.90	547322.39	580.40	abril/2003	janeiro/2022	Acp. Sul	Não
PZ 13C	9333833.16	547320.02	580.36	abril/2003	janeiro/2022	Acp. Sul	Não
PZ 13D	9333831.16	547320.02	580.41	abril/2003	janeiro/2022	Acp. Sul	Não
PZ01AP01	9333491.79	547548.70	634.56	setembro/1996	outubro/1998	Acp. Sul	Sim
PZ02AP01	9333462.70	547538.71	640.00	setembro/1996	fevereiro/1999	Acp. Sul	Sim
PZ03AP01	9333424.78	547523.72	634.60	setembro/1996	outubro/1998	Acp. Sul	Sim
PZ04AP01	9333491.17	547607.11	643.25	setembro/1996	fevereiro/1999	Acp. Sul	Sim
PZ05AP01	9333572.85	547560.18	640.24	setembro/1996	fevereiro/1999	Acp. Sul	Sim
PZ01AP02	9333829.56	547266.56	635.03	setembro/1996	março/1998	Acp. Sul	Sim
PZ02AP02	9333844.56	547240.56	640.00	setembro/1996	fevereiro/1999	Acp. Sul	Sim
PZ03AP02	9333785.56	547279.56	635.26	setembro/1996	março/1998	Acp. Sul	Sim
PZ04AP02	9333757.56	547265.56	646.66	setembro/1996	agosto/1998	Acp. Sul	Sim
PZ05AP02	9333824.56	547343.56	635.38	setembro/1996	fevereiro/1999	Acp. Sul	Sim
PZ01AP03	9333717.56	547420.56	589.97	setembro/1996	fevereiro/1999	Acp. Sul	Sim
PZ02AP03	9333792.56	547374.56	595.99	setembro/1996	agosto/1998	Acp. Sul	Não
PZ01AP05	9332974.76	547639.20	600.22	março/1997	abril/1998	Acp. Sul	Não
PZ02AP05	9332805.01	547441.19	610.62	março/1997	março/1998	Acp. Sul	Não
PZ03AP05	9333017.50	547402.30	661.04	maio/1997	agosto/1997	Acp. Sul	Não
PZ01AP06	9333262.17	547579.85	596.47	março/1997	setembro/1998	Acp. Sul	Não

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Instrumento	UTM N	UTM E	Cota	Início monit.	Final monit.	Local	Perfil Construtivo
SGMNA04	9333070.77	547496.73	639.88	setembro/1996	fevereiro/1999	Acp. Sul	Sim
SGMNA05	9333294.79	547428.72	659.93	setembro/1996	dezembro/1998	Acp. Sul	Sim
SGMNA08	9333769.56	547521.56	657.42	setembro/1996	fevereiro/1999	Acp. Sul	Sim
SGMNA10	9333880.56	547178.56	652.56	setembro/1996	fevereiro/1999	Acp. Sul	Sim
INA 76	9333741.01	546654.40	649.74	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 77	9333780.04	546684.94	648.64	maio/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 78	9334000.29	546876.21	643.78	maio/2001	julho/2007	Acp. Norte	Sim
INA 80	9334164.01	547335.68	646.22	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 81	9334226.94	547257.47	641.24	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 82	9334290.50	547180.69	634.85	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 83	9334354.09	547103.51	625.27	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 84	9334418.71	547025.56	590.52	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 85	9334216.10	547179.80	636.82	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 86	9334361.31	547175.55	630.97	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 87	9334299.85	547246.63	637.71	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 88	9334062.04	546977.03	639.30	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 89	9334237.67	547331.81	643.88	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 90	9334125.49	547044.15	635.55	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 91	9334122.44	546906.02	636.24	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 92	9334193.45	546898.45	633.02	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 93	9334206.13	546975.66	620.21	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 94	9334207.69	547121.75	629.39	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 95	9334261.20	546894.08	621.44	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 96	9334327.68	546773.82	589.85	?	?	Acp. Norte	Não
INA 97	9334320.54	546666.91	581.23	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 98	9334393.78	546815.93	592.01	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 99	9334419.41	546768.89	581.07	junho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 100	9334333.74	546880.41	597.86	junho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 101	9334370.63	546760.64	585.33	junho/2001	novembro/2006	Acp. Norte	Sim
INA 103	9334253.73	546589.44	620.14	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 105	9334246.04	546679.98	592.71	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 106	9334167.57	546536.88	627.12	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 107	9334235.55	546536.86	620.02	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 108	9334010.87	546486.58	625.55	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 109	9334277.71	547035.93	611.32	setembro/2002	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 110	9333588.42	546597.23	658.55	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 111	9333421.15	546559.32	658.90	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 112	9333510.27	546533.50	655.28	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 114	9334337.73	546963.57	579.10	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 115	9333430.97	546467.78	656.63	?	?	Acp. Norte	Sim
INA 116	9333442.71	546378.96	654.65	julho/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 117	9333616.29	546486.47	650.22	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 118	9334443.16	546908.01	557.15	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 119	9333490.40	546609.87	658.08	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Instrumento	UTM N	UTM E	Cota	Início monit.	Final monit.	Local	Perfil Construtivo
INA 120	9333811.33	546226.72	634.61	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 121	9333893.11	546270.97	633.26	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 124	9334458.22	546817.52	561.00	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 128	9334394.45	546868.66	575.26	julho/2001	agosto/2011	Acp. Norte	Sim
INA 129	9334331.70	546578.51	592.60	agosto/2001	julho/2011	Acp. Norte	Sim
INA 130	9334384.63	546594.22	570.19	agosto/2001	julho/2011	Acp. Norte	Sim
INA 131	9334249.76	546830.99	624.35	julho/2001	julho/2011	Acp. Norte	Sim
INA 135	9333491.92	546793.58	661.11	agosto/2001	julho/2011	Acp. Norte	Sim
INA 138	9333428.78	546714.62	661.64	agosto/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 139	9333498.08	546709.81	659.27	agosto/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 142	9333547.53	546883.26	660.80	agosto/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 143	9333394.72	546021.19	650.84	agosto/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 146	9333368.11	545970.34	650.76	agosto/2001	novembro/2001	Acp. Norte	Sim
INA 249	9333903.90	547078.32	613.53	setembro/2002	março/2022	Acp. Norte	Não
INA 253	9333969.80	546999.18	644.34	?	?	Acp. Norte	Não
INA 257	9333766.30	546542.73	644.88	?	?	Acp. Norte	Não
INA 258	9333977.47	546912.70	649.53	?	?	Acp. Norte	Não
INA 260	9333879.80	546801.64	647.87	?	?	Acp. Norte	Não
INA 261	9333786.20	546596.54	645.39	?	?	Acp. Norte	Não
INA 266	9333841.60	546607.83	643.81	?	?	Acp. Norte	Não
INA 270	9333813.80	547503.54	641.69	?	?	Acp. Norte	Não
PZ 05A	9333791.03	546743.35	649.59	maio/2003	junho/2019	Acp. Norte	Não
PZ 05B	9333794.43	546745.13	649.47	maio/2003	junho/2019	Acp. Norte	Não
PZ 05C	9333793.99	546741.31	649.45	maio/2003	junho/2019	Acp. Norte	Não
PZ01AN01	9333706.28	546879.60	640.57	fevereiro/1997	maio/1998	Acp. Norte	Não
PZ02AN01	9333705.28	546831.10	640.92	fevereiro/1997	julho/1998	Acp. Norte	Não
PZ03AN01	9333792.88	546971.10	639.82	fevereiro/1997	julho/1998	Acp. Norte	Não
MNA 330	9332733.25	547453.47	654.20	dezembro/1997	março/1998	Furo 30	Sim
MNA 331	9332838.13	547483.62	639.94	setembro/1996	abril/1998	Furo 30	Sim
MNA 333	?	?	?	setembro/1996	setembro/1997	Furo 30	Sim
PZ01FP01	?	?	620.74	janeiro/1998	janeiro/1999	Furo 30	Sim
PZ02FP01	?	?	619.86	janeiro/1998	julho/1998	Furo 30	Sim
PZ03FP01	?	?	626.14	janeiro/1998	julho/1998	Furo 30	Sim
PZ06FP01	9332664.80	548105.69	617.29	janeiro/1998	dezembro/1998	Furo 30	Sim
PZ01FP02	9332419.52	547912.72	630.89	dezembro/1997	janeiro/1999	Furo 30	Não
PZ03FP02	9332511.96	547999.21	625.10	janeiro/1998	janeiro/1999	Furo 30	Não
PZ01FP03	?	?	620.00	janeiro/1998	janeiro/1999	Furo 30	Não
PZ03FP03	9332914.81	547969.61	655.65	dezembro/1997	janeiro/1999	Furo 30	Não
SGMNA 01	9332597.73	547391.69	632.69	setembro/1996	novembro/1998	Furo 30	Sim
SGMNA 02	9332789.80	547549.70	648.17	setembro/1996	novembro/1997	Furo 30	Sim
SGMNA 11	?	?	640.98	dezembro/1997	janeiro/1999	Furo 30	Sim
SGMNA 18	9332212.80	547737.70	672.56	dezembro/1997	janeiro/1999	Furo 30	Sim
SGMNA 19	9332414.76	547824.70	630.27	fevereiro/1998	janeiro/1999	Furo 30	Sim
MIBBIGPZ001	9333620.58	549702.10	386.56	abril/1995	abril/2022	Barragem	Não

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Instrumento	UTM N	UTM E	Cota	Início monit.	Final monit.	Local	Perfil Construtivo
MIBBIGPZ002	9333634.28	549704.76	383.12	maio/1995	julho/2011	Barragem	Não
MIBBIGPZ003	9333620.49	549661.20	390.18	março/1995	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZ004	9333631.45	549663.36	385.65	março/1995	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZ005	9333632.32	549663.62	385.12	março/1995	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZ006	9333644.63	549665.79	379.88	março/1995	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZ007	9333626.47	549631.86	390.00	março/1995	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZ008	9333634.33	549633.41	386.85	março/1995	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZ009	9333638.26	549634.10	384.81	março/1995	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZ010	9333645.74	549645.44	381.80	março/1995	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZ011	9333639.40	549604.90	387.86	março/1995	julho/2020	Barragem	Não
MIBBIGPZ012	9333658.02	549602.40	382.14	março/1995	setembro/2019	Barragem	Não
MIBBIGPZ013	9333646.87	549635.90	381.46	março/1995	abril/2022	Barragem	Não

Tabela 5.5: Relação dos instrumentos de monitoramento do nível d'água recém-instalados na área do Projeto Alemão.

Instrumento	UTM N	UTM E	Cota	Início monit.	Final monit.	Local	Perfil construtivo
BR-ALM-INA-01	9334056.90	549540.84	381.54	agosto/2021	março/2022	Fundação	Não
BR-ALM-PZ-01	9333767.76	549484.25	397.77	outubro/2021	março/2022	Fundação	Não
BR-ALM-PZ-02	9333935.79	549686.24	375.94	agosto/2021	março/2022	Fundação	Não
BR-ALM-PZ-03	9334191.56	549658.09	379.98	novembro/2021	março/2022	Fundação	Não
BR-ALM-PZ-04	9334027.41	549567.51	375.78	setembro/2021	março/2022	Fundação	Não
BR-ALM-PZ-05	9334235.34	549521.19	412.85	agosto/2021	março/2022	Fundação	Não
BR-ALM-PZ-06	9333849.57	549717.06	398.35	outubro/2021	março/2022	Fundação	Não
BR-ALM-PZ-07	9334019.08	549742.19	409.70	novembro/2021	março/2022	Fundação	Não
BR-ALM-PZ-08	9333965.61	549496.42	449.55	agosto/2021	março/2022	Fundação	Não
BR-ALM-PZ-09	9334093.73	549698.81	439.19	novembro/2021	março/2022	Fundação	Não
SR 1001	9333828.00	546453.00	640.48	janeiro/2022	março/2022	Cavas	Sim
SR 1003	9334594.00	547995.00	633.32	novembro/2021	abril/2022	Cavas	Sim
SR 1004	9334565.00	547995.00	635.23	novembro/2021	abril/2022	Cavas	Sim
SR 1016	9334016.00	547610.00	652.02	novembro/2021	abril/2022	Cavas	Sim
SR 1008	9333563.70	547303.70	665.64	janeiro/2022	abril/2022	Cavas	Sim
SR 1009	9333438.00	547150.50	667.59	janeiro/2022	abril/2022	Cavas	Sim
SR 1010	9333296.60	546819.80	665.82	janeiro/2022	abril/2022	Cavas	Sim
SR 1011	9333382.10	546510.90	659.83	fevereiro/2022	março/2022	Cavas	Sim
SR 1013	9333940.90	547658.80	663.59	novembro/2021	abril/2022	Cavas	Sim
SR 1014	9334032.70	547712.70	651.20	novembro/2021	abril/2022	Cavas	Sim
SR 1027	9333796.90	547750.20	658.47	novembro/2021	abril/2022	Cavas	Sim
MIBBIGPZE014	9333612.76	549685.46	390.55	junho/2019	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZE015	9333616.37	549645.73	390.47	junho/2019	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZE016	9333618.76	549615.95	390.47	junho/2019	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZE017	9333622.38	549580.92	390.44	junho/2019	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZE018	9333644.50	549689.20	383.57	?	?	Barragem	Não
MIBBIGPZE019	9333648.03	549586.10	382.46	junho/2019	abril/2022	Barragem	Não
MIBBIGPZE020	9333623.83	549615.35	390.52	fevereiro/2019	abril/2022	Barragem	Não

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

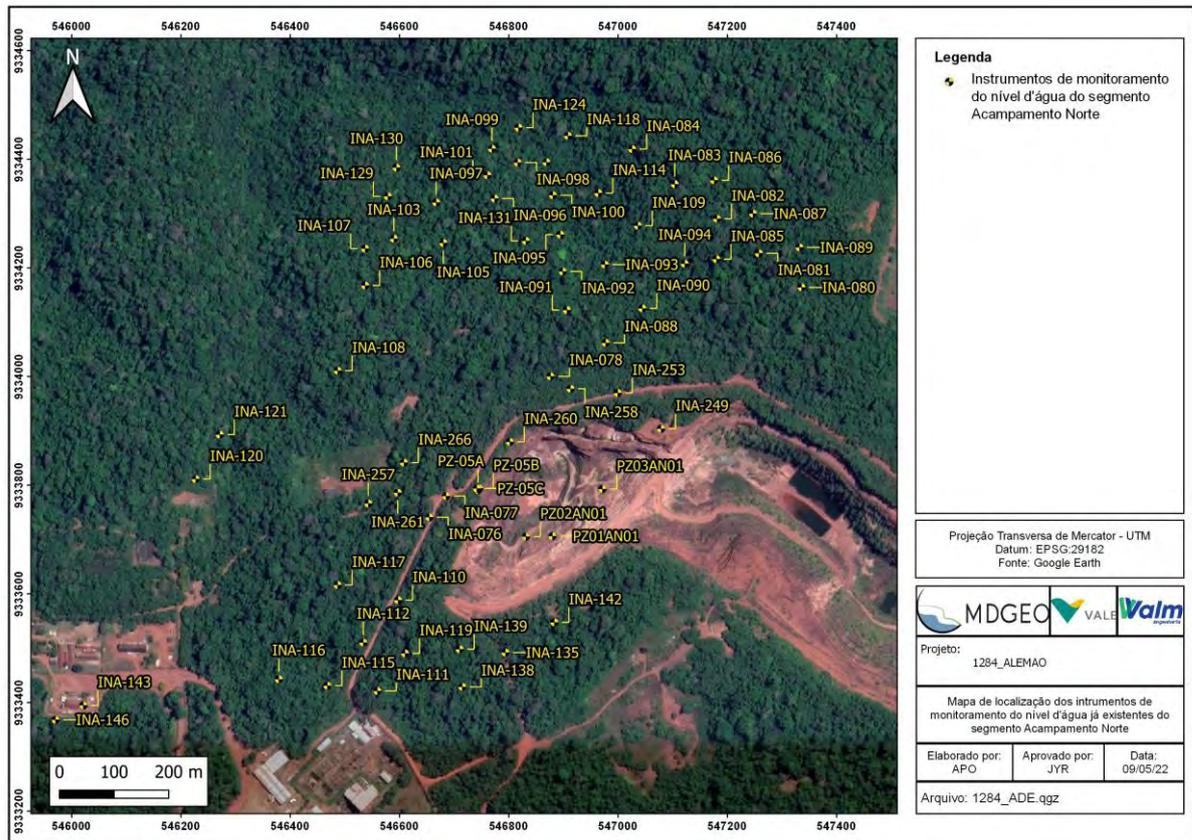


Figura 5.6: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água já existentes no segmento Acampamento Norte.

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

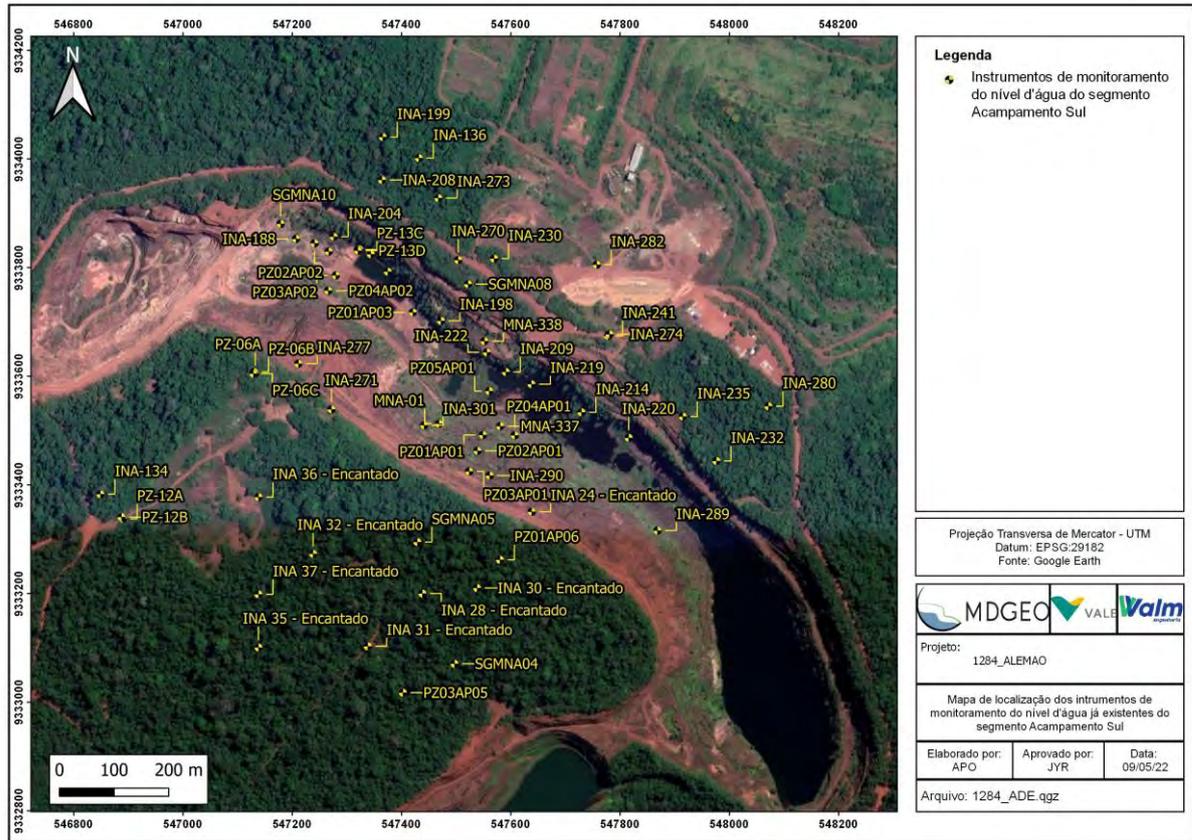


Figura 5.7: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água já existentes no segmento Acampamento Sul.

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

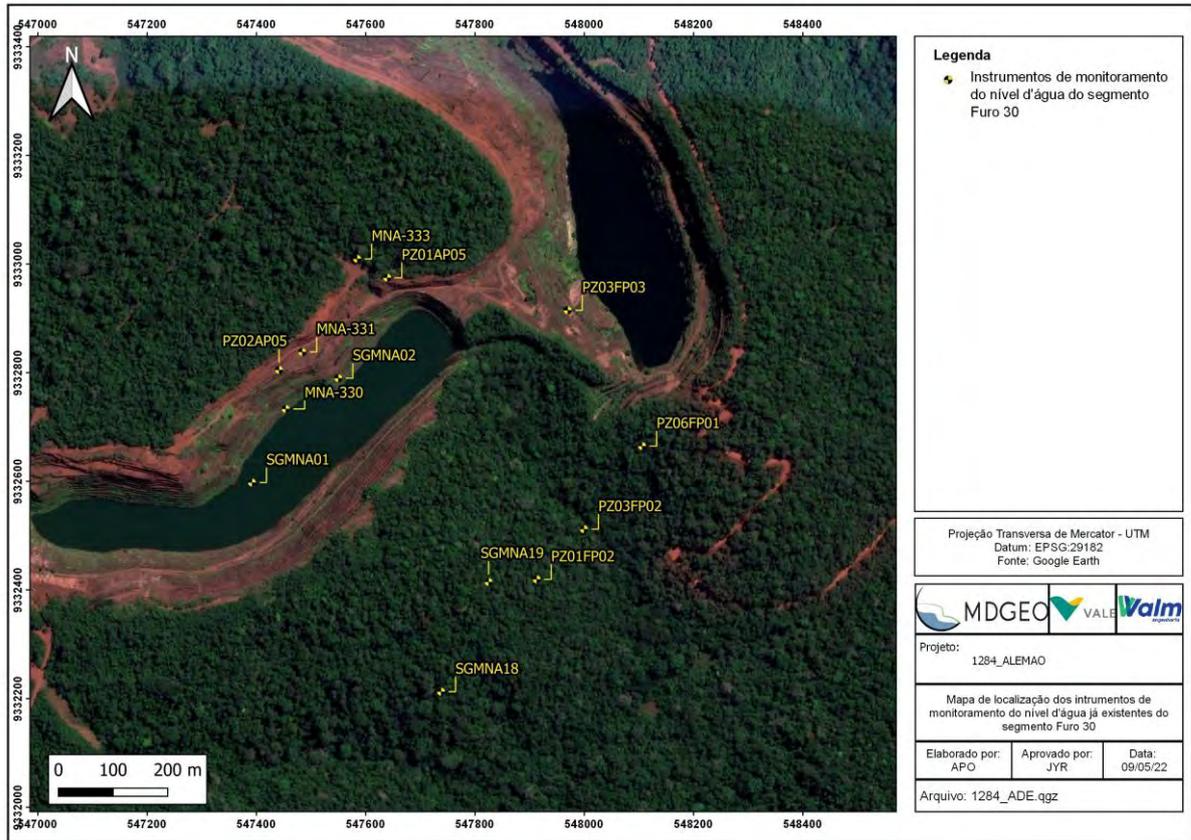


Figura 5.8: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água já existentes no segmento Furo 30.

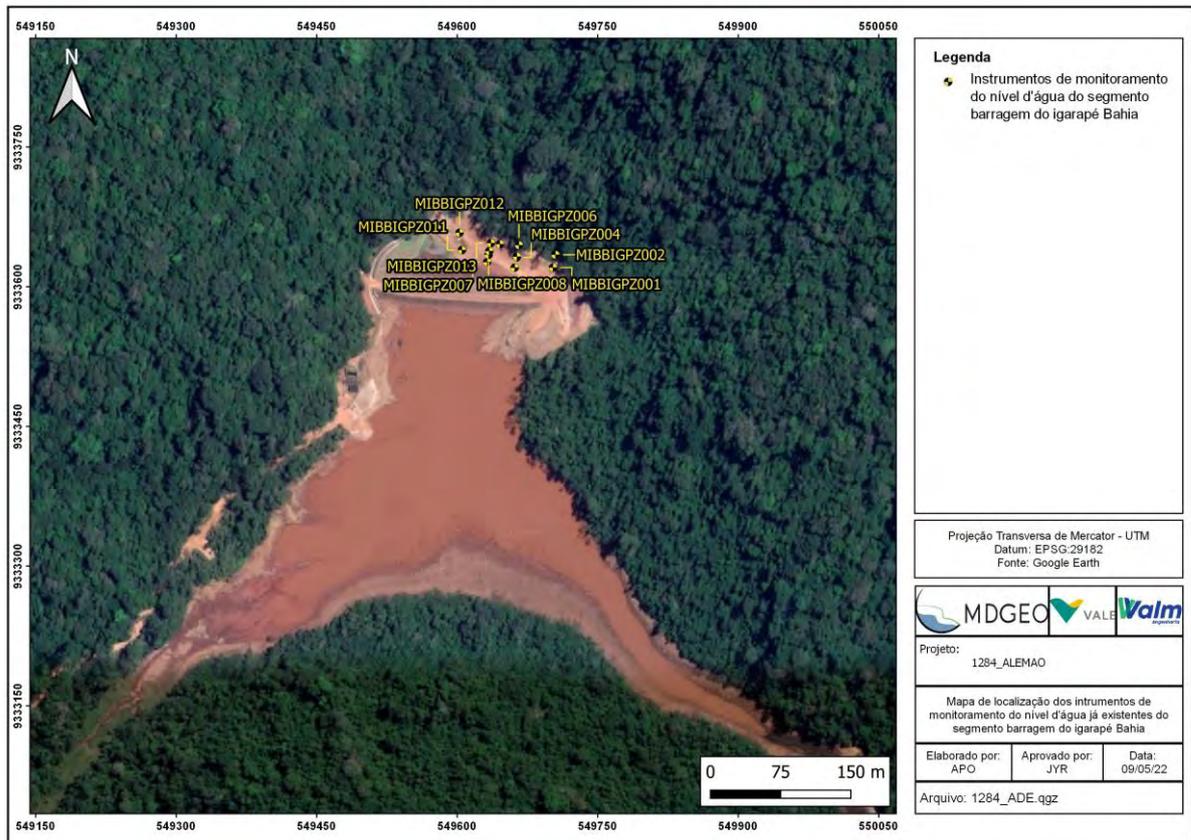


Figura 5.9: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água já existentes no segmento barragem do igarapé Bahia.

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

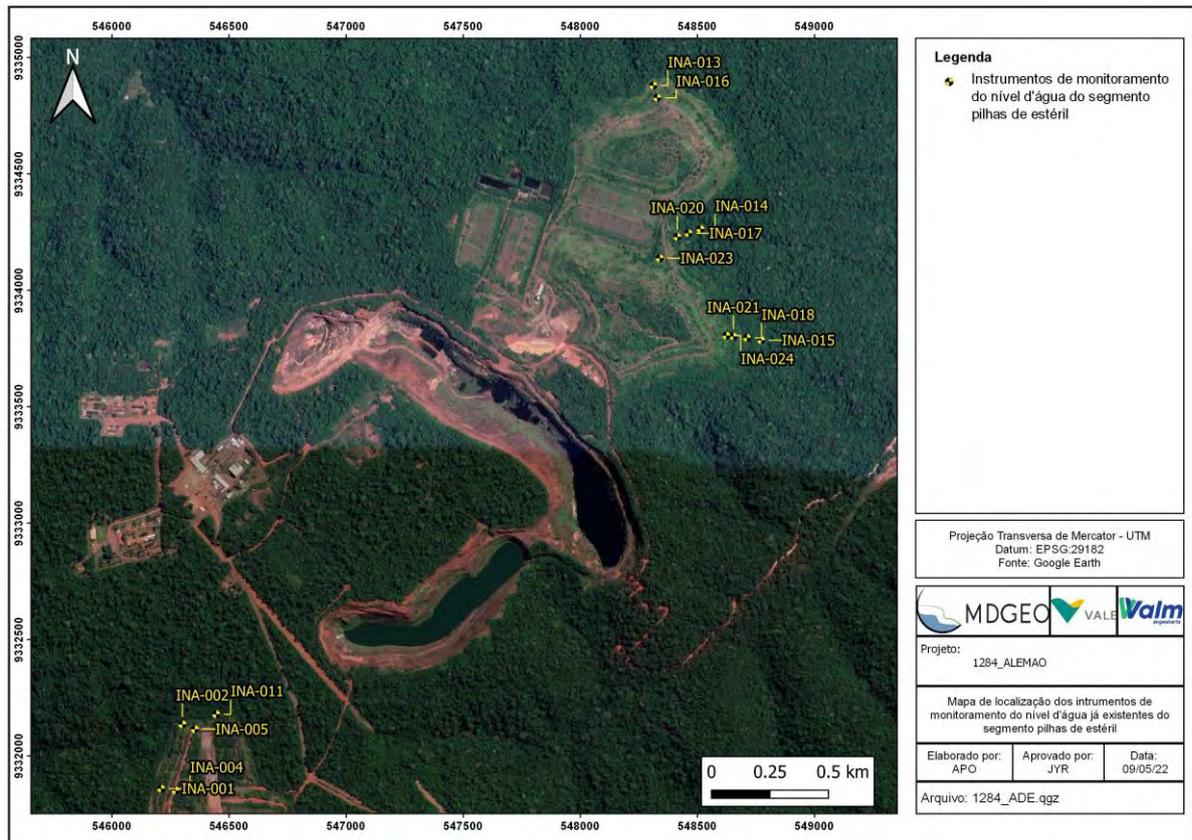


Figura 5.10: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água já existentes no segmento pilhas de estéril.

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

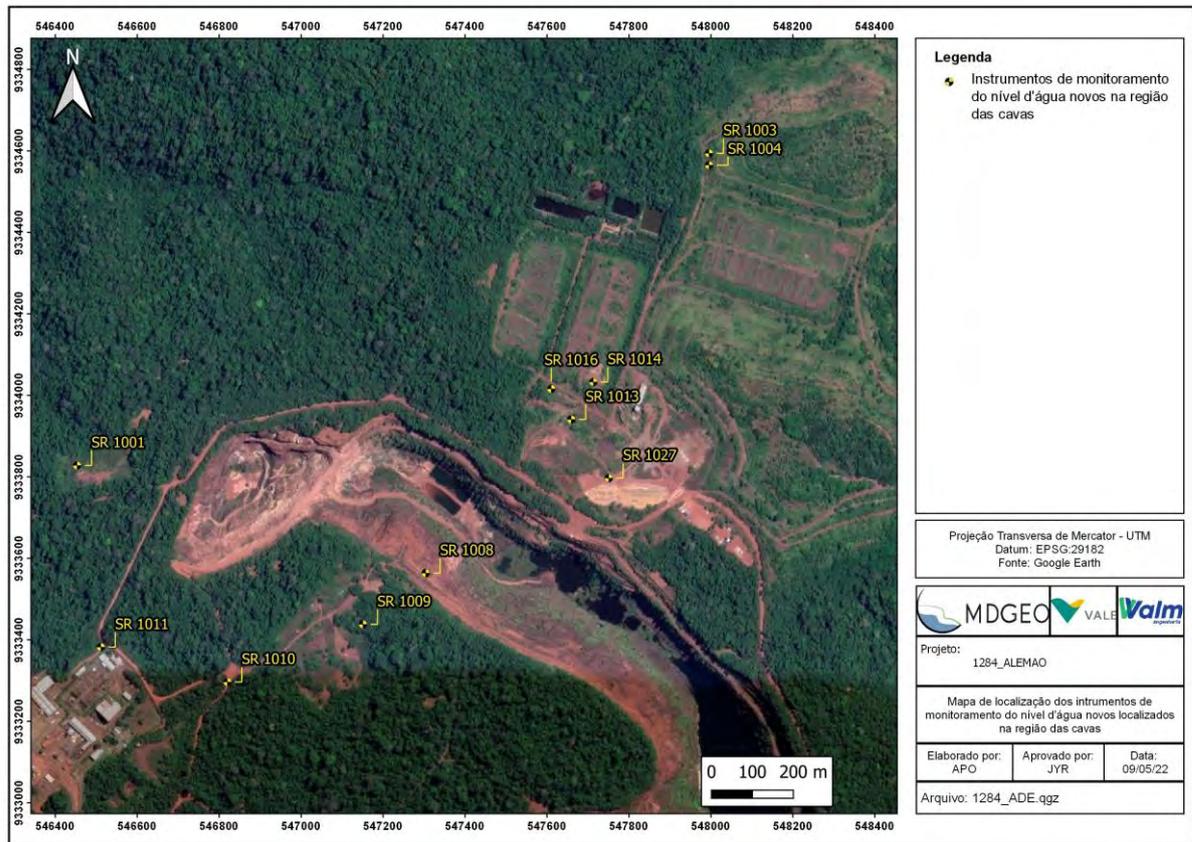


Figura 5.11: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água novos na região das cavas da mina do Igarapé Bahia.

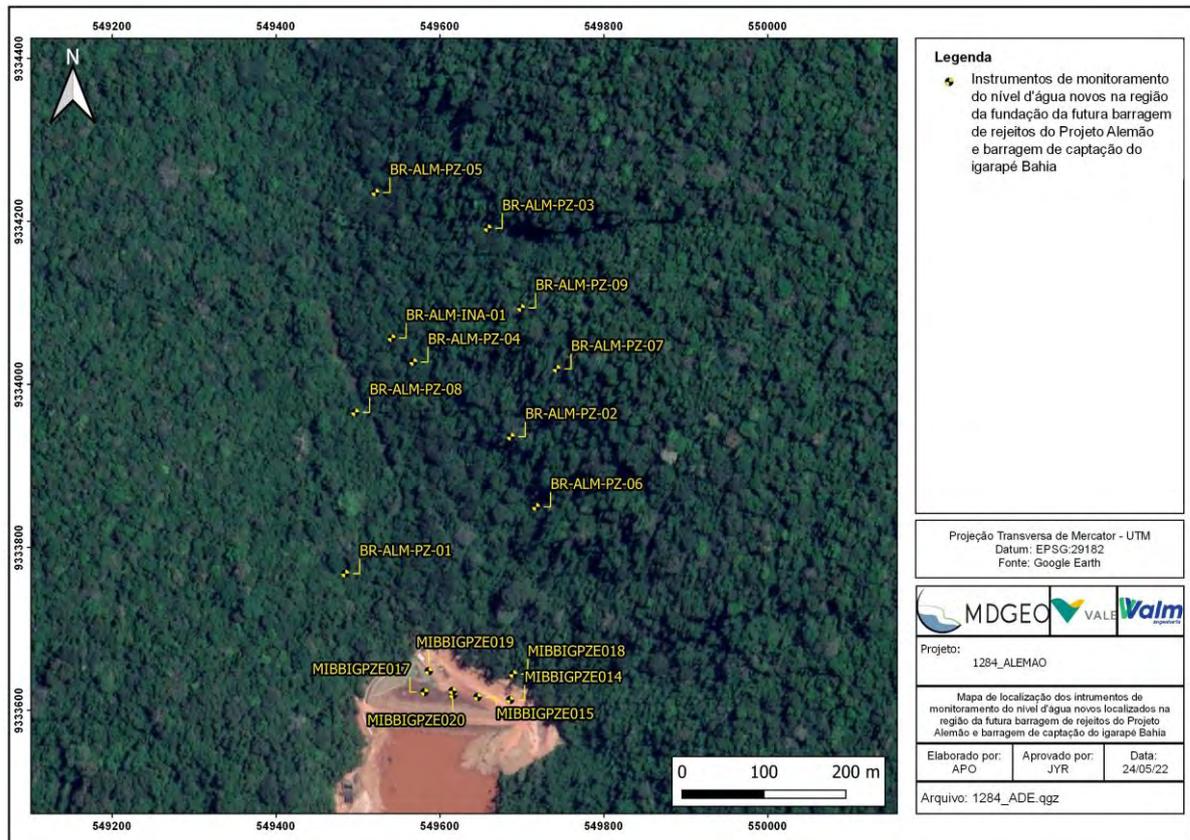


Figura 5.12: Localização dos instrumentos de monitoramento do nível d'água novos na região da fundação da futura barragem de rejeitos do Projeto Alemão e da barragem de captação do Igarapé Bahia.

Os gráficos que serão apresentados a seguir mostram a evolução das séries históricas dos instrumentos de monitoramento do nível d'água que possuem registros mais recentes (de 2019 em diante). Os gráficos contendo os registros mais antigos, em especial da época de operação da mina do Igarapé Bahia, estarão incluídos no Anexo II deste trabalho.

De um modo geral, os processos de desaguamento e recuperação do nível d'água nos registros históricos dos instrumentos antigos, situados nas três cavas da antiga mina do Igarapé Bahia, são bem marcados. Os gráficos mostram também que parte dos dispositivos permanecem sob um regime hidrológico de influência estritamente sazonal, sem interferência da operação, enquanto outros apresentam leituras que sugerem que estejam defeituosos.

5.2.1 Instrumentos já existentes na área da antiga mina

Os quadros a seguir (Figura 5.13, Figura 5.14, Figura 5.15 e Figura 5.16) apresentam as séries históricas de 29 instrumentos que já existiam na área de estudos, sendo quatro do compartimento Acampamento Norte e 25 do Acampamento Sul, e que possuem atualizações em seus registros de monitoramento. A série histórica para esses dispositivos, que compreende o período de julho/2002 a março/2022, registra os processos de rebaixamento e recuperação do nível de água, seguidos algumas vezes por uma estabilização do NA. Outros dispositivos aparentemente apresentam erros, como o PZ-12A, o INA-214 e o INA-222.

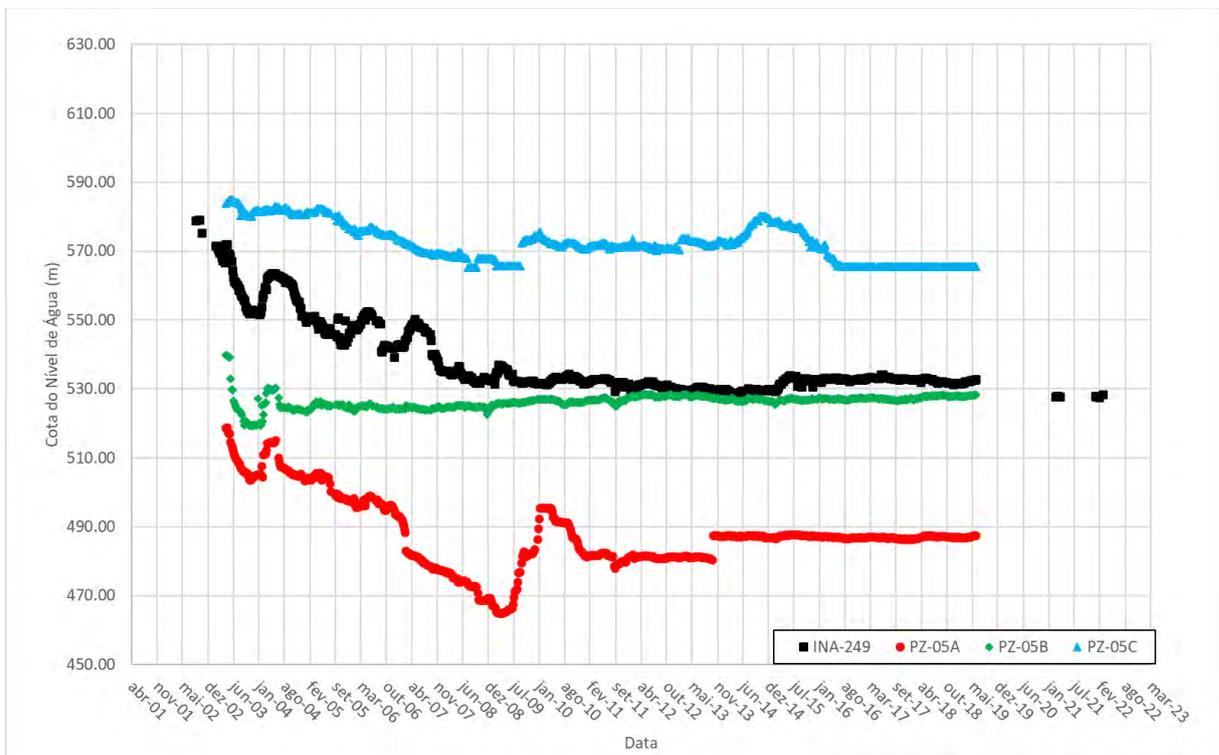


Figura 5.13: Série histórica dos instrumentos INA-249, PZ-05A, PZ-05B e PZ-05C situados no segmento Acampamento Norte.

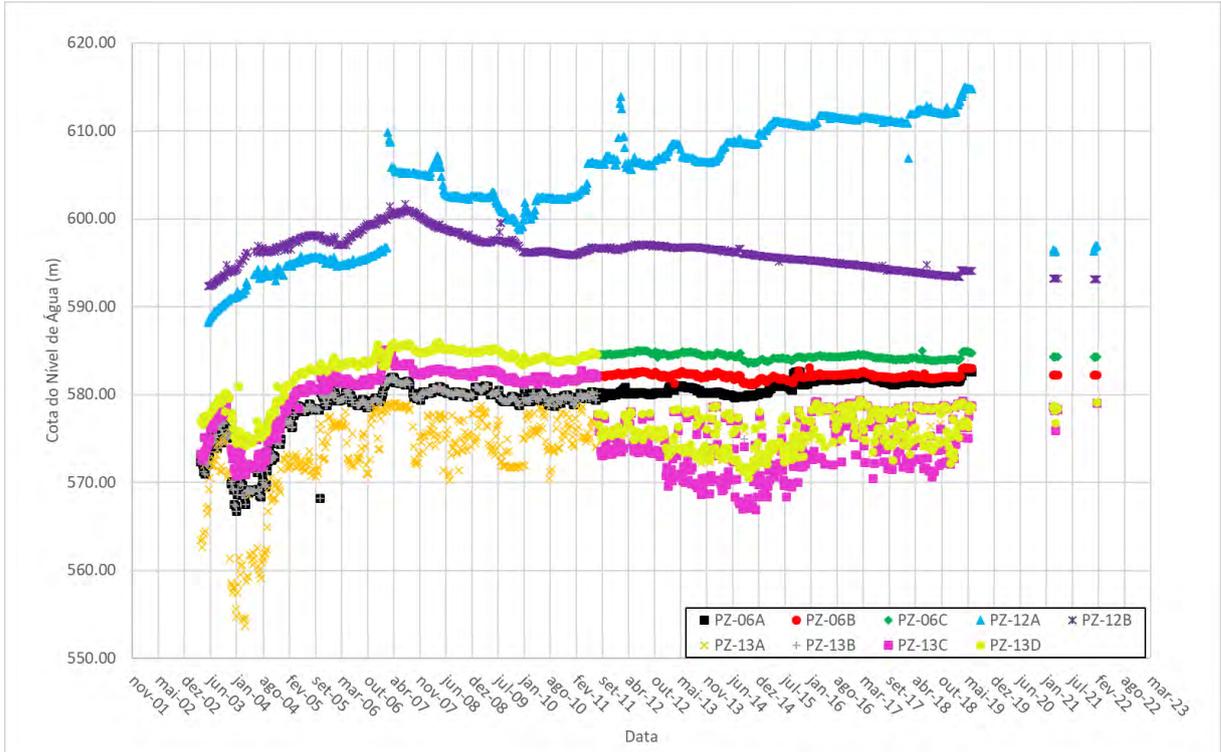


Figura 5.14: Série histórica dos instrumentos PZ-06A, PZ-06B, PZ-06C, PZ-12A, PZ-12B, PZ-13A, PZ-13B, PZ-13C e PZ-13D situados no segmento Acampamento Sul.

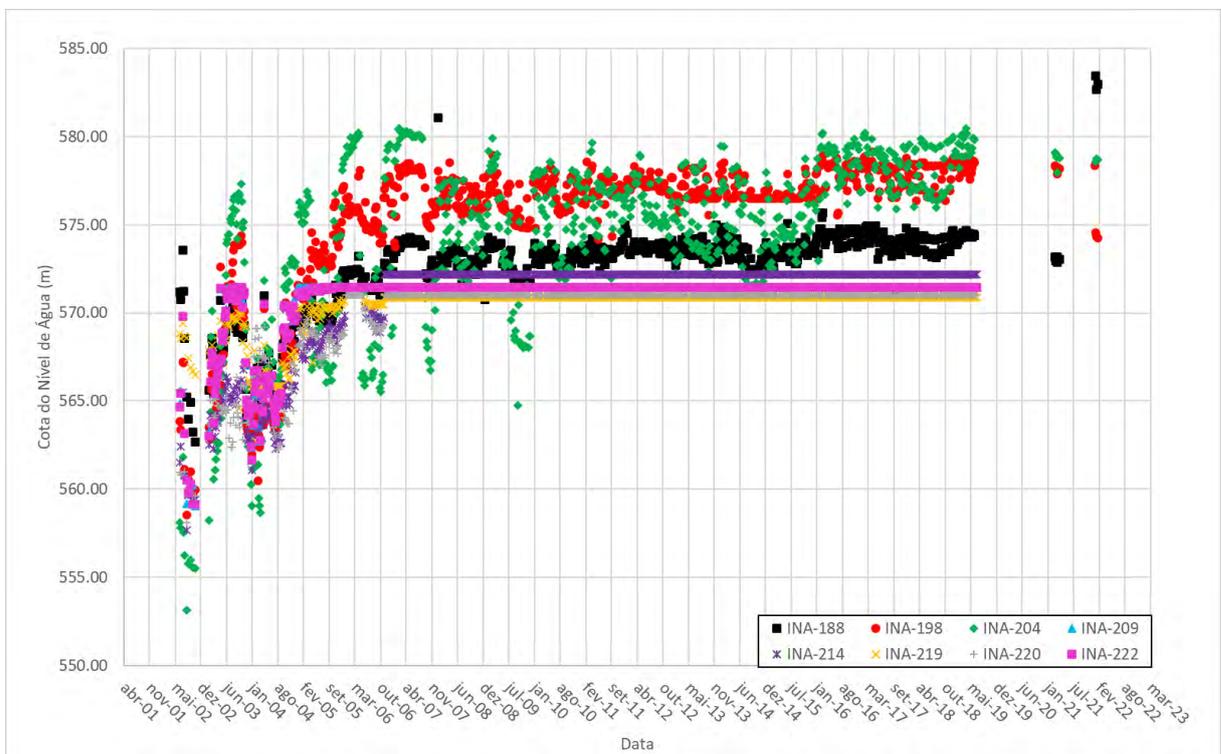


Figura 5.15: Série histórica dos instrumentos INA-188, INA-198, INA-204, INA-209, INA-214, INA-219, INA-220 e INA-222 situados no segmento Acampamento Sul.

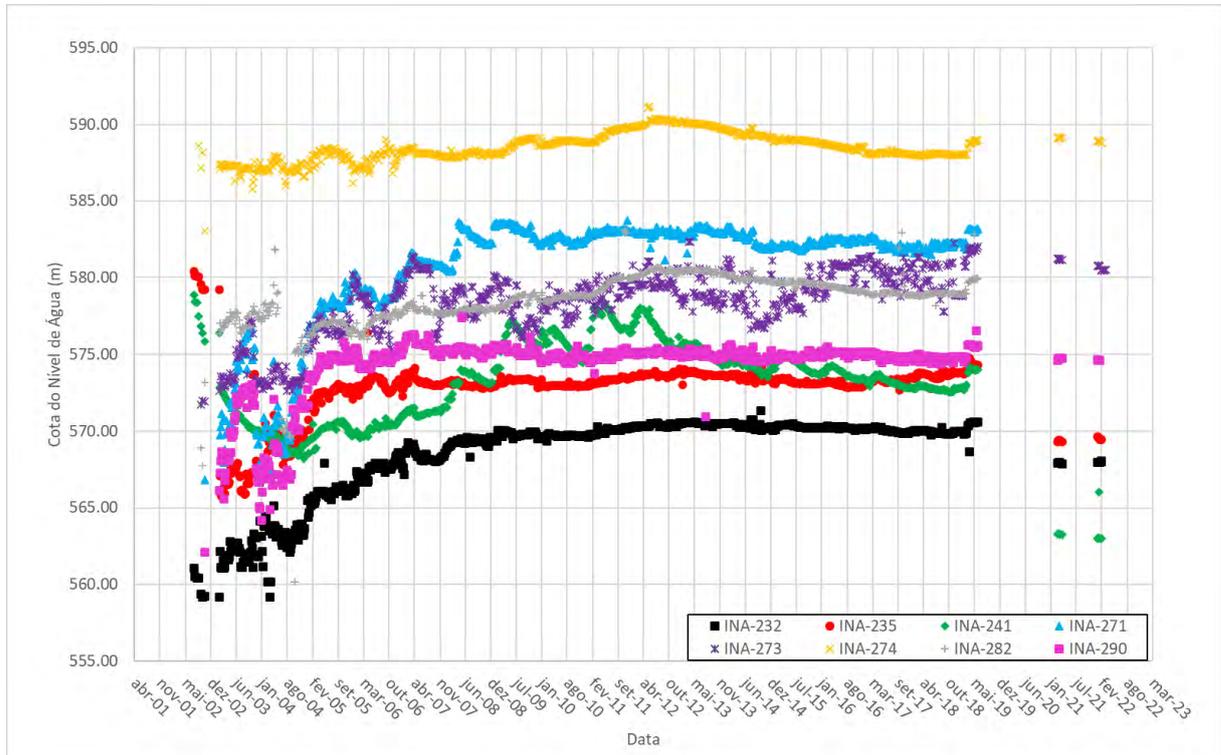


Figura 5.16: Série histórica dos instrumentos INA-232, INA-235, INA-241, INA-271, INA-273, INA-274, INA-282 e INA-290 situados no segmento Acampamento Sul.

5.2.2 Instrumentos novos na área das antigas cavas

Na região das antigas cavas da mina do Igarapé Bahia, foram instalados 11 instrumentos novos, onde o monitoramento deles se dá entre novembro/2021 e abril/2022. Como se pode visualizar nos quadros da Figura 5.17 e Figura 5.18, há um padrão de estabilidade nos níveis de água medidos em grande parte dos dispositivos, com instrumentos como o SR 1013 apresentando flutuações nos registros.

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

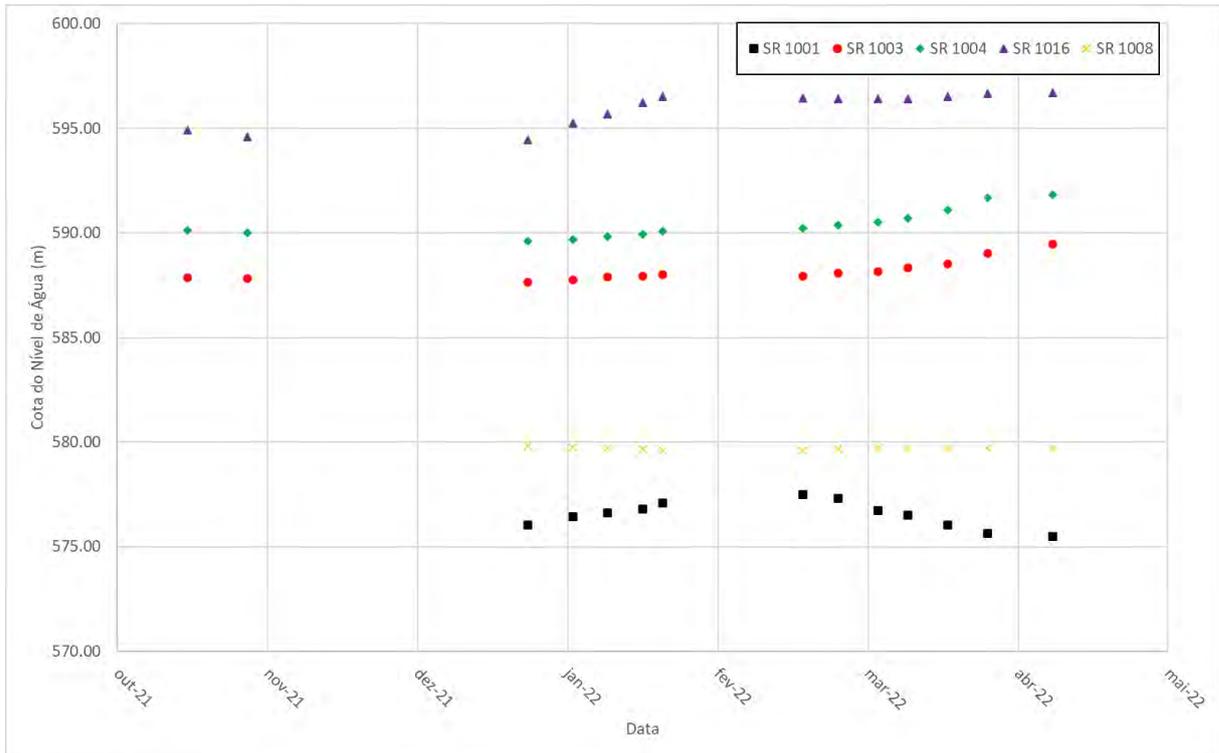


Figura 5.17: Série histórica dos instrumentos SR 1001, SR 1003, SR 1004, SR 1016 e SR 1008 situados na área das antigas cavas da mina do Igarapé Bahia.

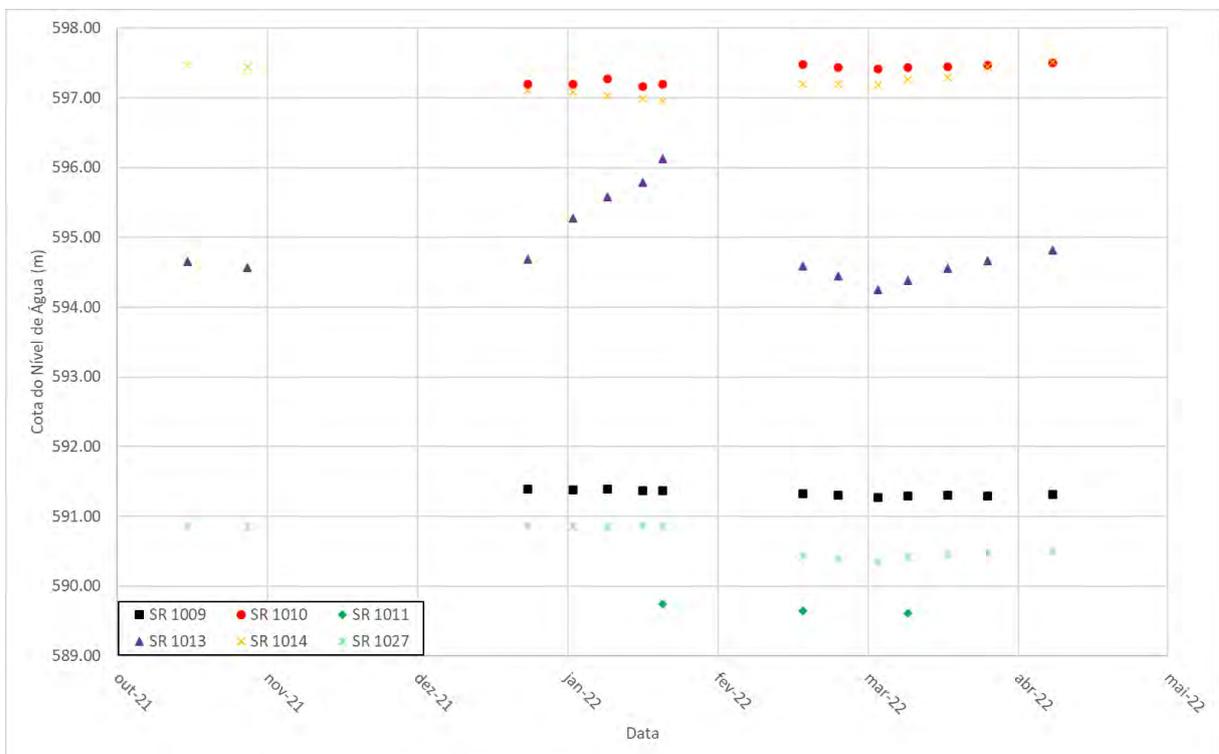


Figura 5.18: Série histórica dos instrumentos SR 1009, SR 1010, SR 1011, SR 1013, SR 1014 e SR 1027 situados na área das antigas cavas da mina do Igarapé Bahia.

5.2.3 Fundação da futura barragem de rejeitos

Os instrumentos presentes na fundação da futura barragem de rejeitos do Projeto Alemão foram estabelecidos no âmbito dos estudos da DF+ para a implementação dessa estrutura. A série histórica, que se inicia em agosto/2021 e vai até março/2022, mostra uma estabilidade nos valores do nível d'água. Os gráficos da Figura 5.19 e Figura 5.20 ilustram o monitoramento realizado por esses dispositivos.

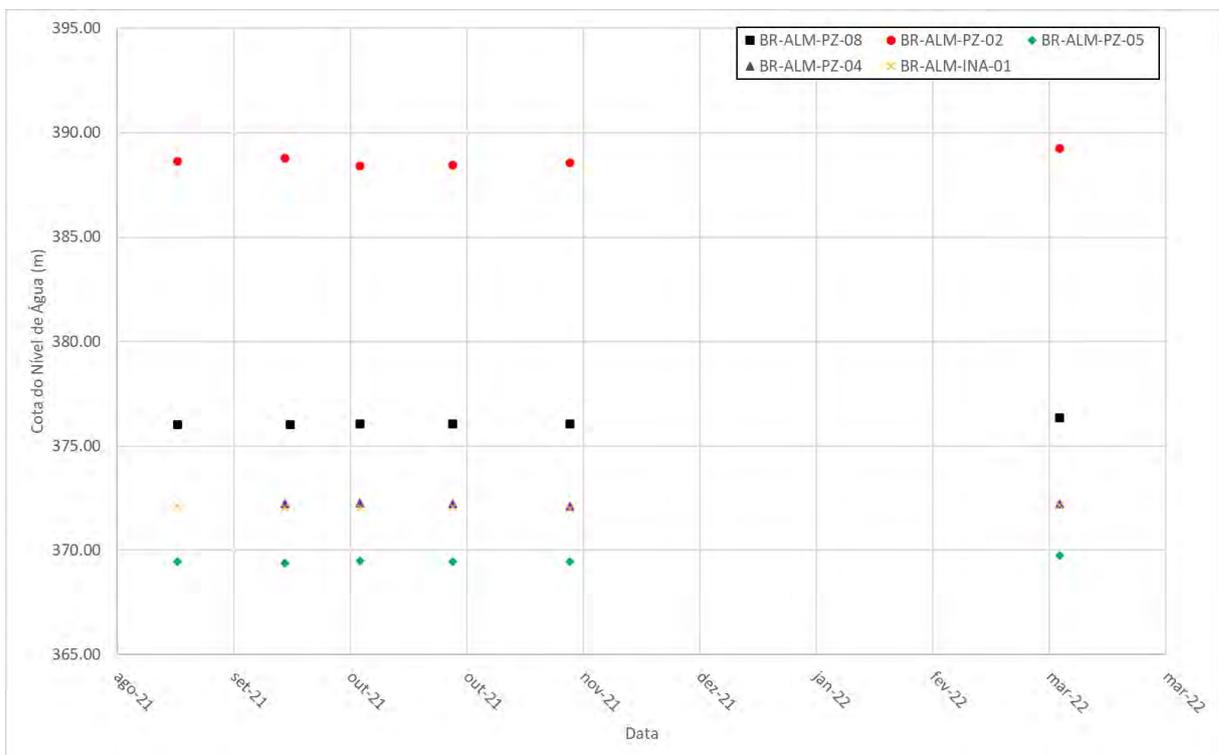


Figura 5.19: Série histórica dos instrumentos BR-ALM-PZ-08, BR-ALM-PZ-02, BR-ALM-PZ-05, BR-ALM-PZ-04 e BR-ALM-INA-01 situados na fundação da futura barragem de rejeitos do Projeto Alemão.

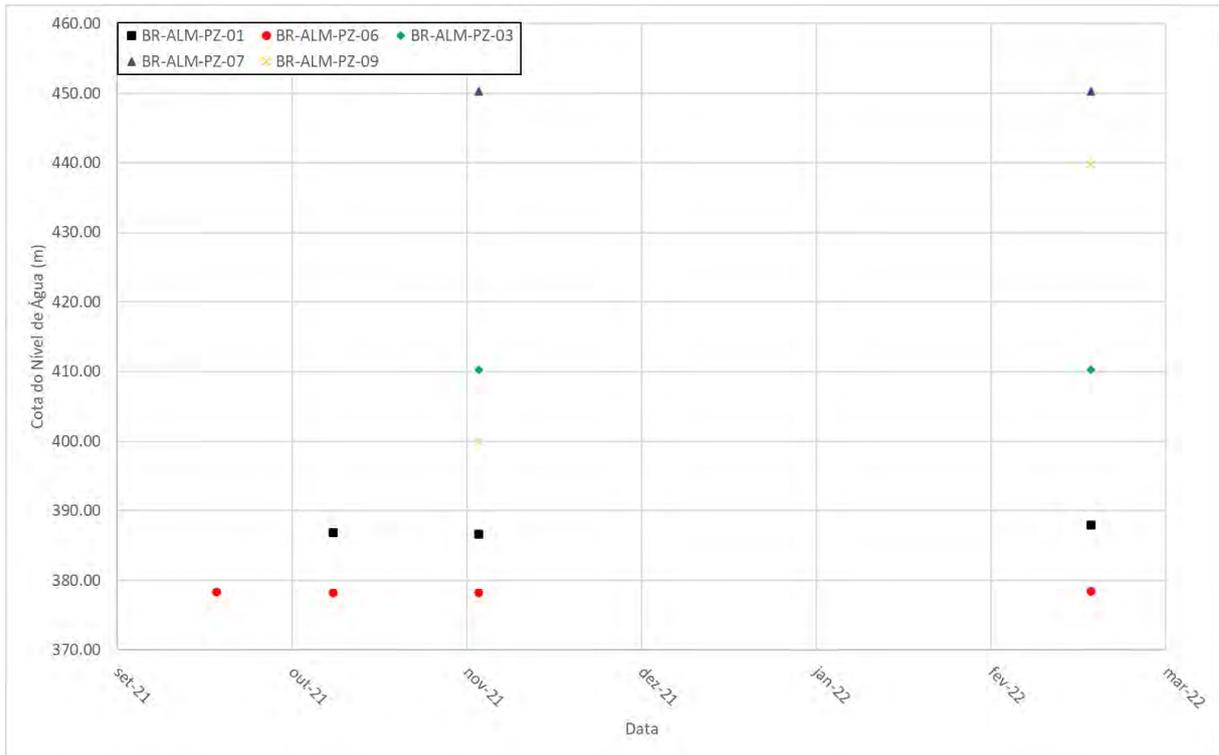


Figura 5.20: Série histórica dos instrumentos BR-ALM-PZ-01, BR-ALM-PZ-06, BR-ALM-PZ-03, BR-ALM-PZ-07 e BR-ALM-PZ-09 situados na fundação da futura barragem de rejeitos do Projeto Alemão.

5.2.4 Barragem de captação do igarapé Bahia

A série de monitoramento dos instrumentos da barragem do igarapé Bahia compreende o período de 1995 a 2022, onde 19 piezômetros são responsáveis por esta tarefa. Também para este caso as séries históricas foram divididas em quatro gráficos (Figura 5.21, Figura 5.22, Figura 5.23 e Figura 5.24) para uma melhor compreensão. É possível visualizar uma periodicidade nos dados, onde as variações dos níveis de água estão ligadas às mudanças sazonais. Porém, a partir de setembro/2019 foi iniciado um processo de captação de água na estrutura, que está bem marcado nos gráficos.

Importante salientar também que os instrumentos na nova compilação foram renomeados, apresentando códigos diferentes daqueles compilados pelo trabalho anterior.

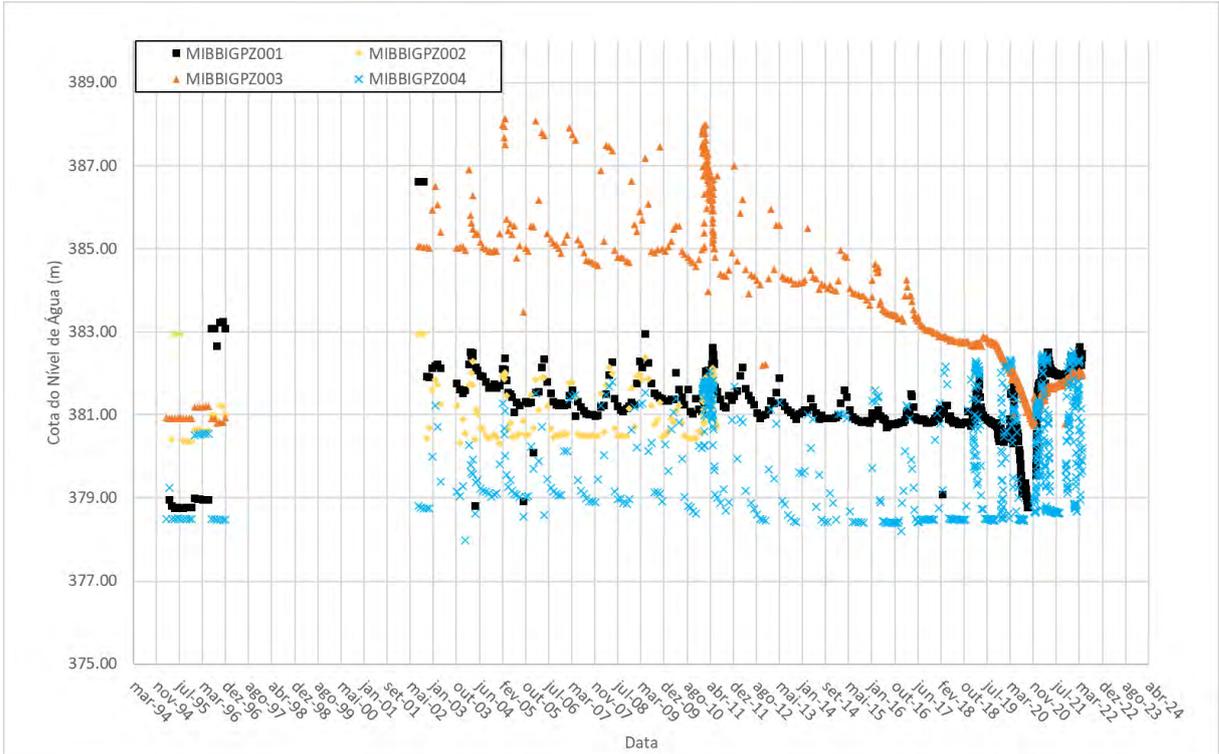


Figura 5.21: Série histórica dos instrumentos MIBBIGPZ01, MIBBIGPZ02, MIBBIGPZ03 e MIBBIGPZ04 situados na barragem do Igarapé Bahia.

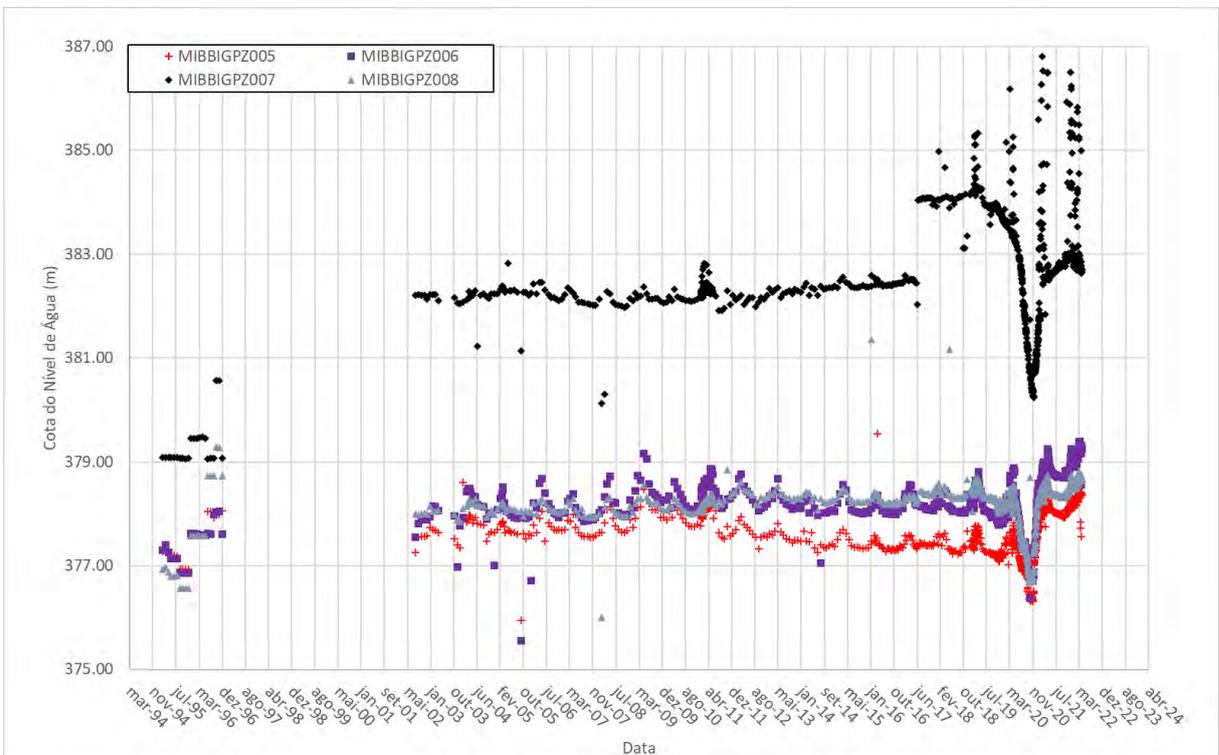


Figura 5.22: Série histórica dos instrumentos MIBBIGPZ05, MIBBIGPZ06, MIBBIGPZ07 e MIBBIGPZ08 situados na barragem do Igarapé Bahia.

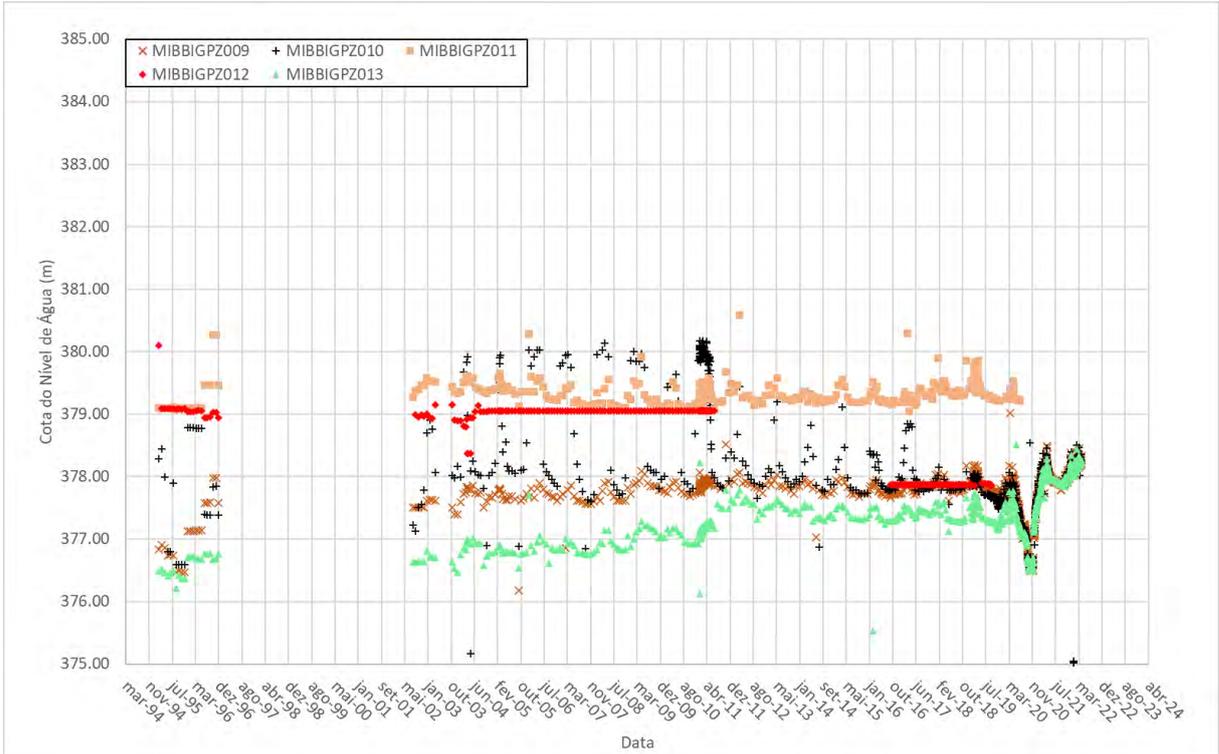


Figura 5.23: Série histórica dos instrumentos MIBBIGPZ010, MIBBIGPZ011, MIBBIGPZ012 e MIBBIGPZ013 situados na barragem do igarapé Bahia.

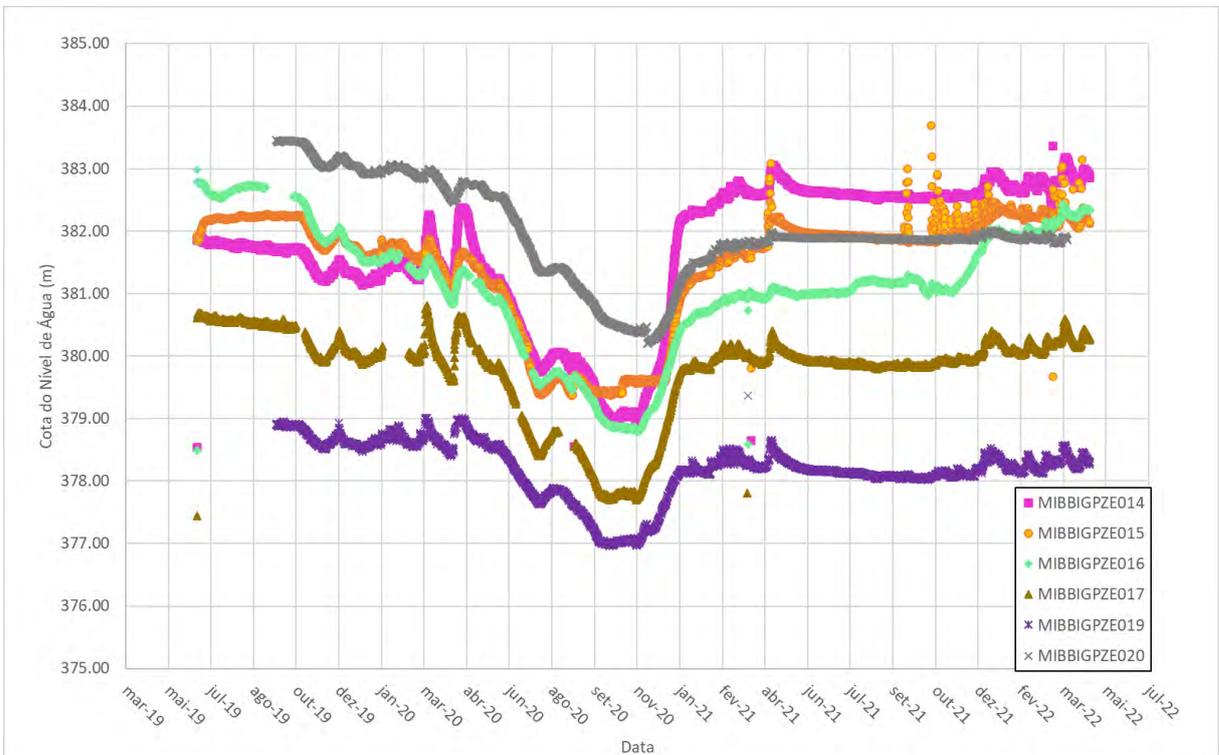


Figura 5.24: Série histórica dos instrumentos MIBBIGPZE014, MIBBIGPZE015, MIBBIGPZE016, MIBBIGPZE017, MIBBIGPZE019 e MIBBIGPZE020 situados na barragem do igarapé Bahia.

5.3 RÉGUAS DE NÍVEL

A medição das réguas de nível iniciou após o fechamento da mina do Igarapé Bahia com a finalidade de se observar a recuperação do nível de água nas cavas, findadas as operações de lavra e rebaixamento. O lago da cava Acampamento Sul iniciou o enchimento em 4 de julho de 2002 e alcançou o pico em 18 de abril de 2007, a 563,99 m. Por outro lado, o processo no Furo 30 começou em 19 de novembro de 2001 e também atingiu o maior nível na mesma data, de 598,00 m. O gráfico da Figura 5.25 mostra esse restabelecimento do nível de água.

Posteriormente, foi instalada uma régua para a medição do nível de água na barragem de captação do Igarapé Bahia, que ainda está sob monitoramento. Os registros da sua variação são apresentados no gráfico da Figura 5.26, onde a série histórica se inicia em outubro/2019 e termina em abril/2022. Os registros indicam o processo de rebaixamento de água na estrutura a partir de setembro/2019, devido à construção de novo extravasor, e posterior recuperação da cota do nível de água na estrutura, que se mantém no patamar da soleira extravasora, na elevação 385,65 m, a partir de janeiro/2021.

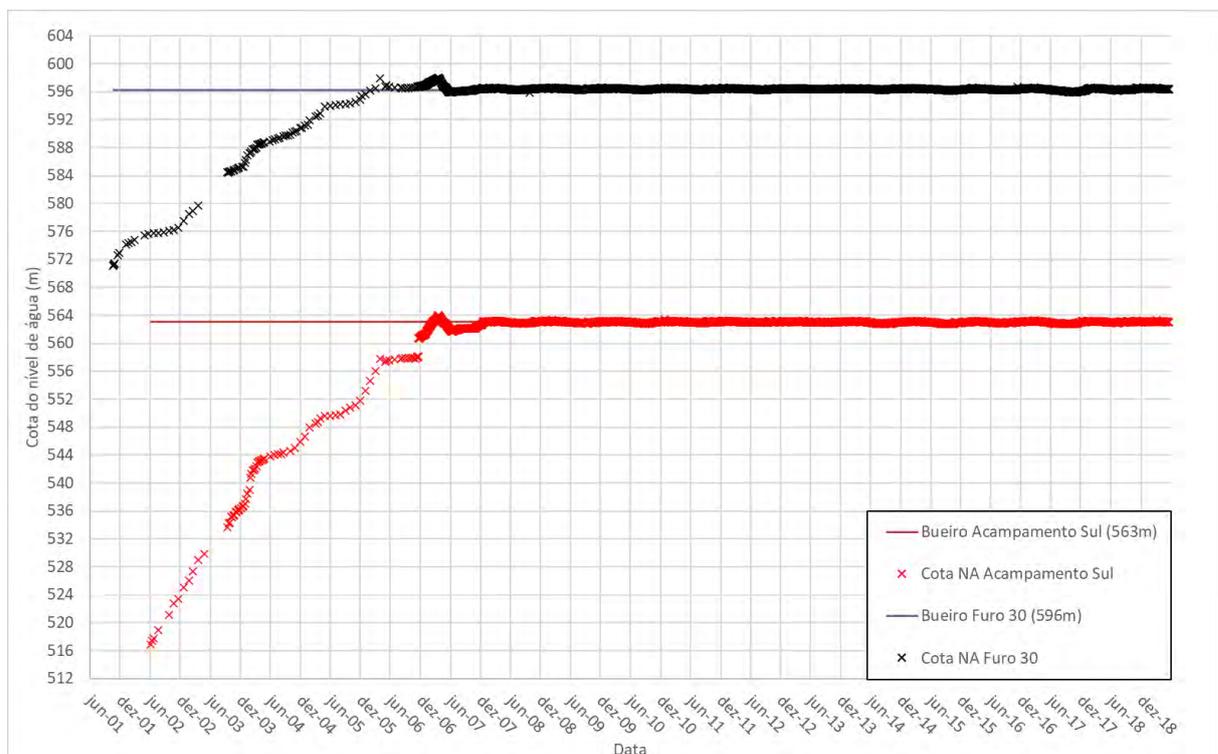


Figura 5.25: Recuperação do nível de água dos lagos das cavas Acampamento Sul e Furo 30.

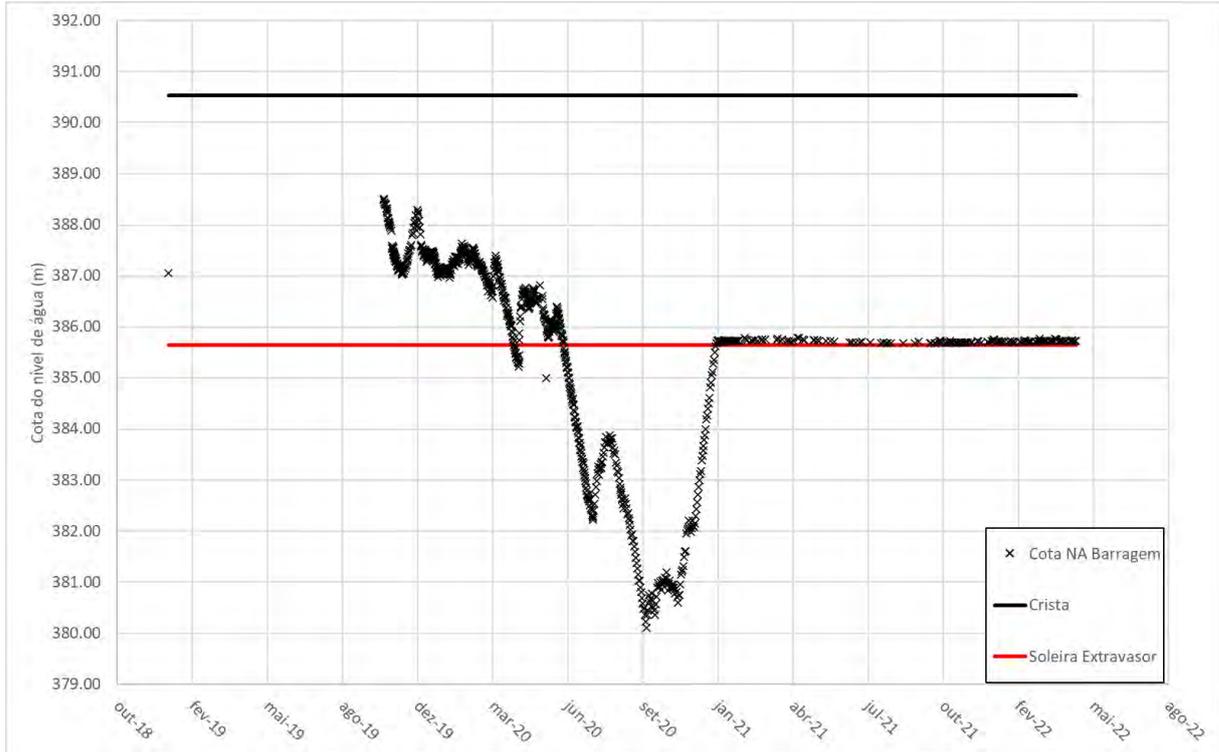


Figura 5.26: Monitoramento do nível de água da barragem de captação do Igarapé Bahia.

5.4 VAZÕES DE VERTEDOUROS

As vazões dos cursos d’água superficiais possuem um registro de monitoramento executados por 10 instrumentos, sendo que apenas dois estavam ativos até junho/2019, data correspondente aos dados mais atualizados que foram disponibilizados. A Tabela 5.6 lista os vertedouros presentes na região do Projeto Alemão enquanto a Figura 5.27 indica suas respectivas localizações.

Sobre a nova compilação dos dados de monitoramento, foram encontradas leituras mais antigas para os instrumentos VT-01 e VT-02, que se iniciam em setembro de 2001; e uma série histórica para o VT-03, que não havia sido incluída no trabalho da MDGEO de 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072).

Tabela 5.6: Pontos de medição de vazão na região do Projeto Alemão.

Instrumento	UTM E	UTM N	Cota	Local
VT-01	546126.46	9334959.06	399.42	Igarapé Alemão
VT-02	546288.64	9334849.02	401.51	Igarapé Galeria
VT-03	547136.78	9334175.85	635.16	Saída d’água poços da cava do Acampamento Sul (Poço 11)
VT-04	549666.52	9333671.88	378.12	Saída tubo da Barragem

Instrumento	UTM E	UTM N	Cota	Local
VT-05	549637.49	9333671.69	375.65	Saída água da barragem
VT-06	549612.67	9333684.10	374.31	Saída água da barragem
VT-07	546131.00	9335195.00	387.00	Igarapé Alemão
VT-08	546200.00	9334850.00	408.00	Galeria alemão
VT-09	548062.00	9332682.00	571.00	Saída d'água do lago da cava do Acampamento Sul
VT-10	547878.00	9332826.00	595.00	Saída d'água do lago da cava do Furo 30

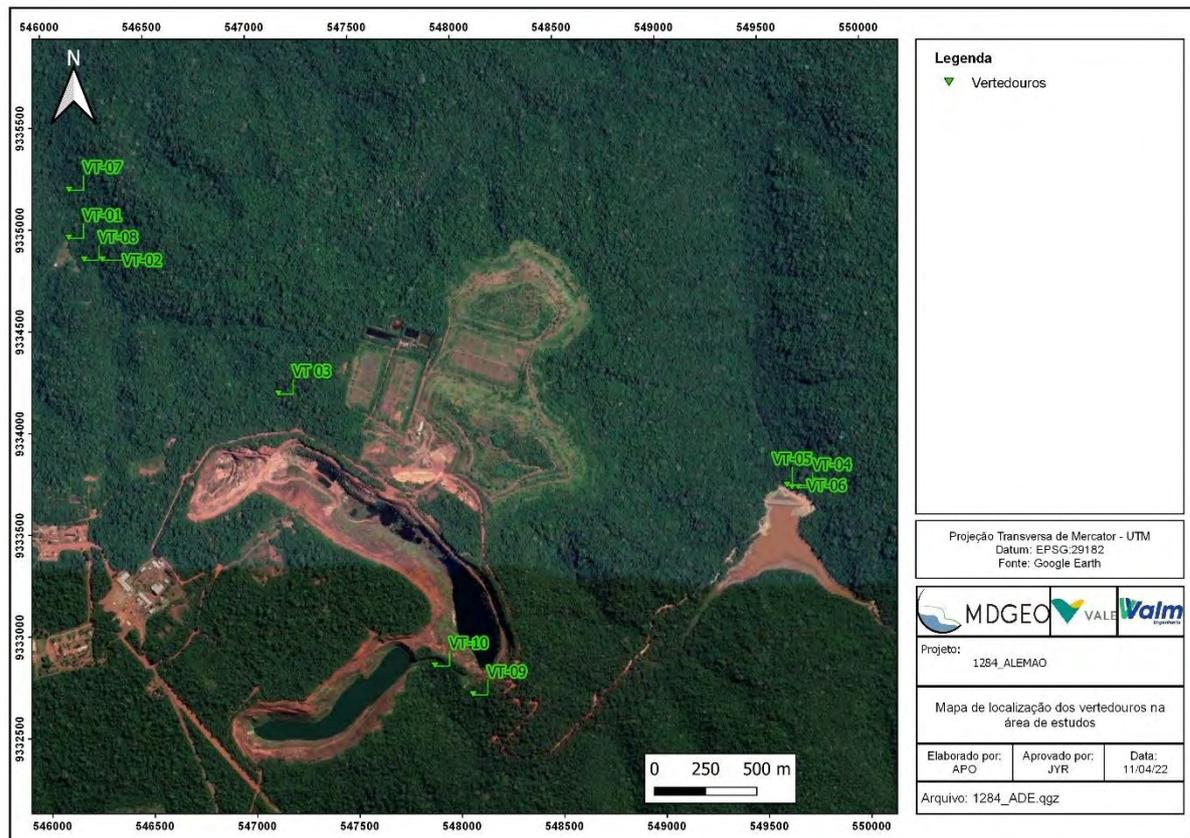


Figura 5.27: Localização dos instrumentos de monitoramento da vazão no Projeto Alemão.

A Figura 5.28 mostra a série histórica do VT-08, que registra a saída da galeria de pesquisa, com três períodos de monitoramento distintos. Um entre maio/2003 e setembro/2003, outro de abril/2007 a junho/2009 e o último de agosto/2010 a março/2012. A média histórica para o instrumento é de 74,91 m³/h.

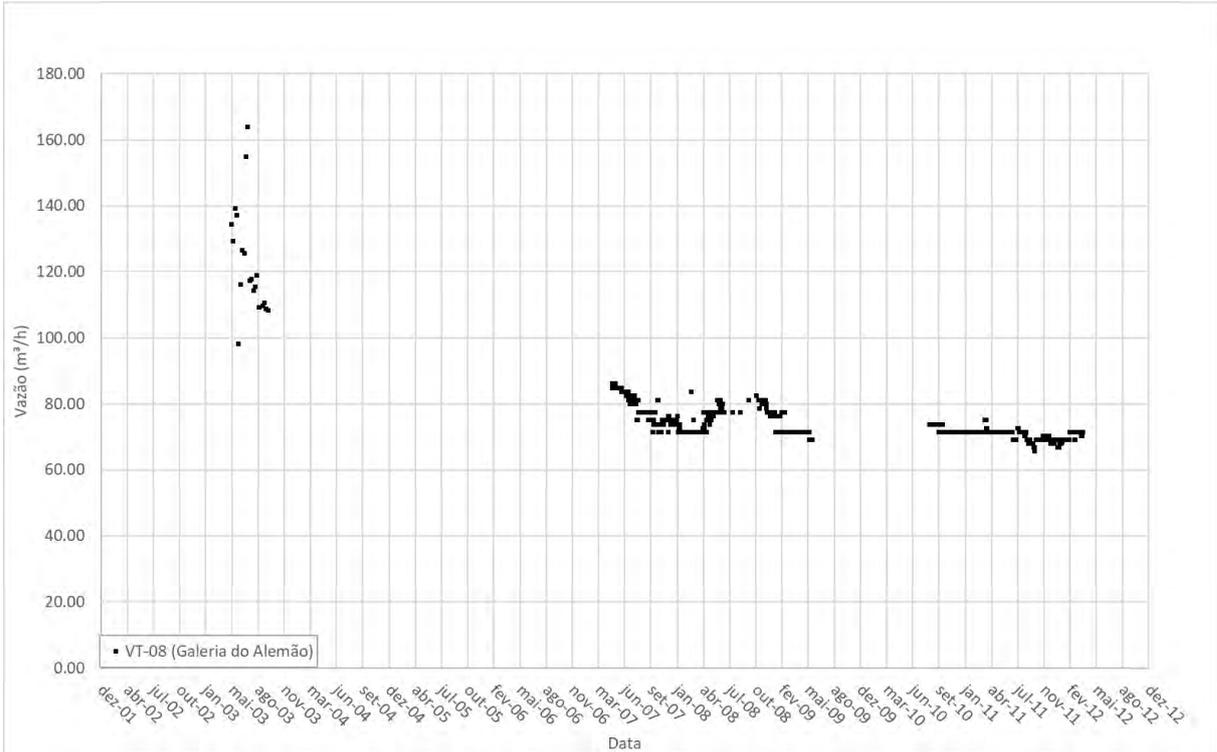


Figura 5.28: Hidrograma das descargas da galeria de pesquisa.

A Figura 5.29 apresenta as vazões das cavas Acampamento Sul e Furo 30, além da saída dos poços da cava Acampamento Sul. Há três intervalos de monitoramento, sendo o primeiro entre outubro/2001 e junho/2003 para o VT-03; o segundo, entre janeiro/2008 e julho/2011 para o VT-09 e o VT-10; e o terceiro, entre janeiro/2018 e maio/2019, também para o VT-09 e o VT-10. Enquanto que para o Acampamento Sul (VT-09) a média histórica é de 62,28 m³/h, para o Furo 30 é de 25,87 m³/h (VT-10). Já para a saída dos poços do Acampamento Sul (VT-03), a média histórica é de 17,49 m³/h.

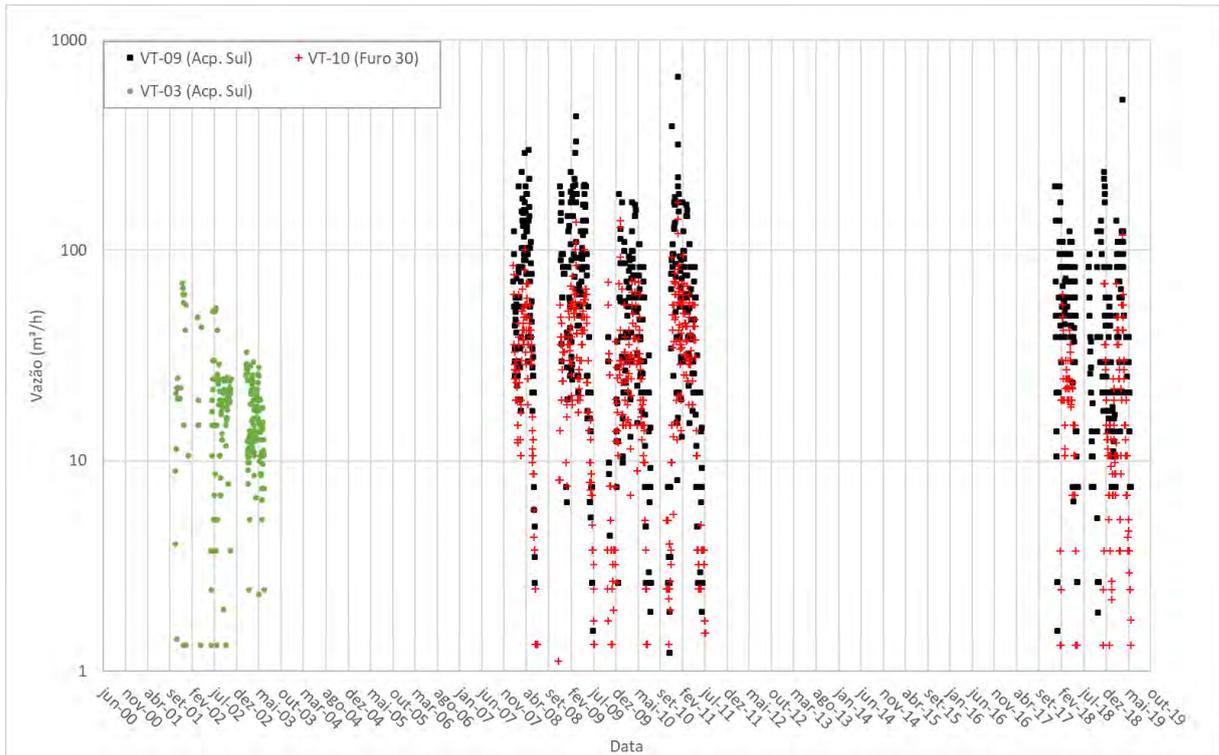


Figura 5.29: Hidrograma das descargas das cavas Acampamento Sul e Furo 30.

Na Figura 5.30 é visualizada a compilação dos dados da saída d’água pelo vertedouro (VT-06), tubo (VT-04) e dreno da barragem (VT-05) no Igarapé Bahia, entre maio/2003 e junho/2009 e de agosto/2010 a julho/2011. As médias históricas são, em ordem, de 541,87 m³/h, 51,53 m³/h e de 6,40 m³/h. Ainda sobre os dados, se observa um padrão das vazões de saída relacionado aos ciclos hidrológicos, onde o vertedouro da barragem (VT-06) apresenta as maiores oscilações dos valores, da ordem de centenas a milhares de m³/h.

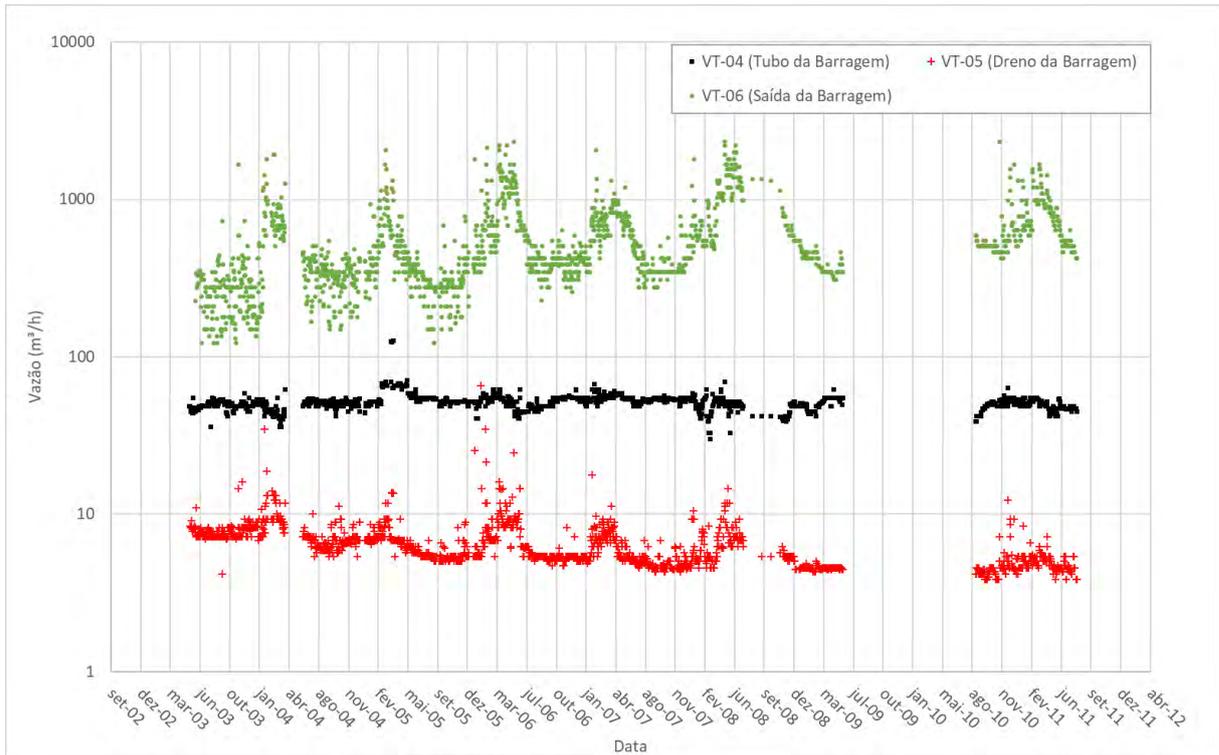


Figura 5.30: Hidrográfico da barragem do Igarapé Bahia.

Por fim, a Figura 5.31 apresenta as vazões de saída monitoradas para o igarapé Alemão (VT-01 e VT-07) e o igarapé Galeria (VT-02). A série histórica do VT-02, que se inicia em setembro/2001 e termina em abril/2011 apresenta o valor médio de 53,33 m³/h. Para o igarapé Alemão, o VT-01 possui uma série de monitoramento entre setembro/2001 e abril/2011, com vazões médias de 75,31 m³/h; e no VT-07, que registra uma série histórica entre abril/2005 e abril/2011, são observadas médias de 187,18 m³/h.

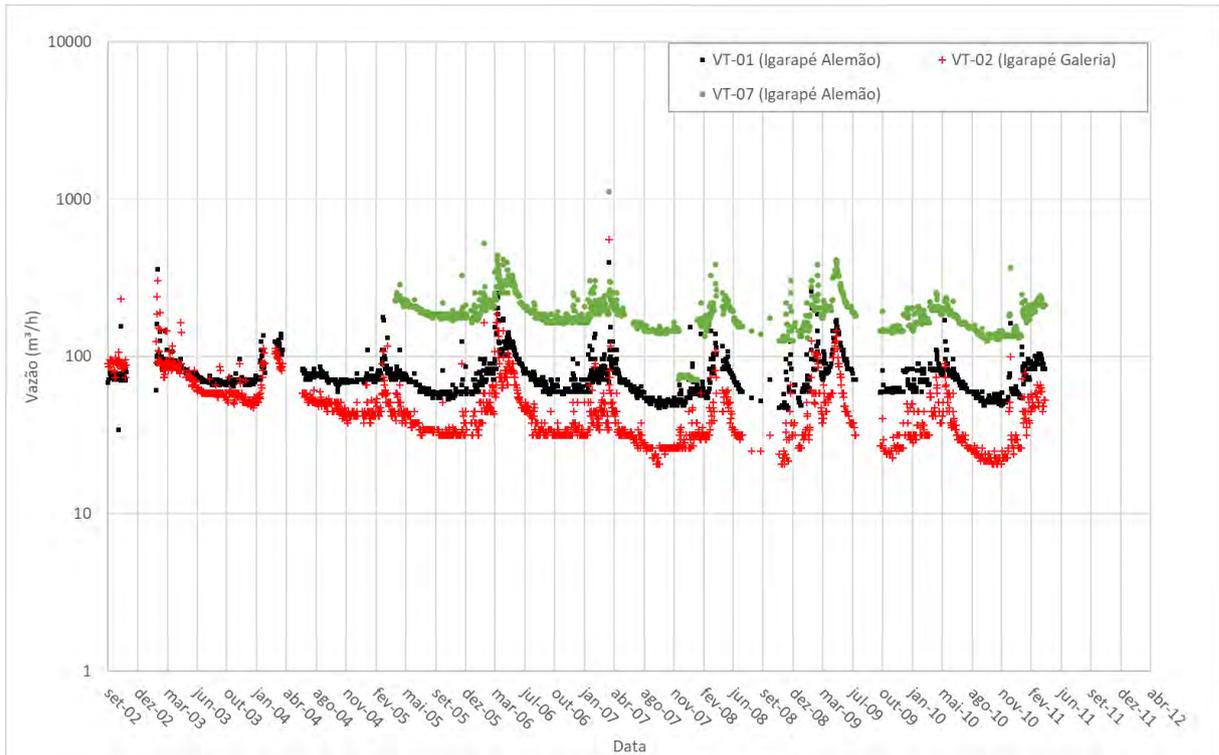


Figura 5.31: Hidrográfico dos igarapés Galeria e Alemão.

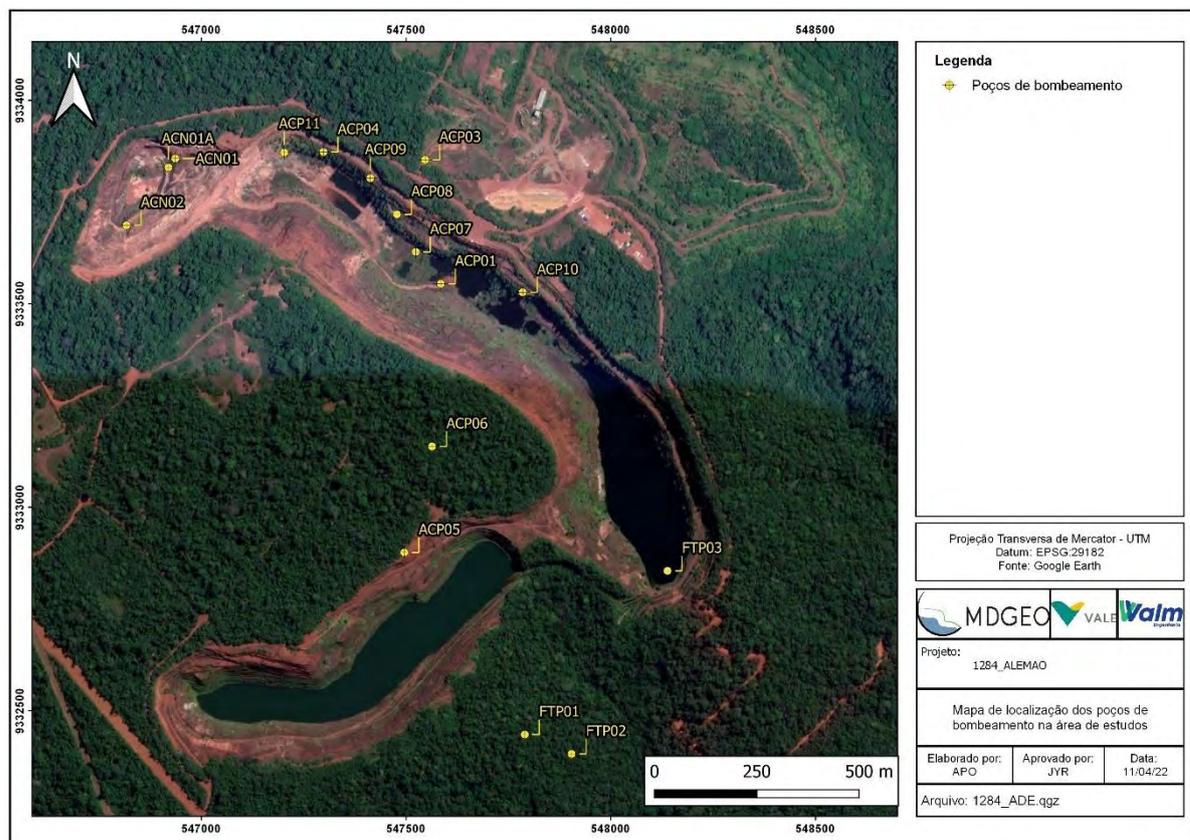
5.5 POÇOS DE BOMBEAMENTO

No trabalho da MDGEO de 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072), os dados compilados indicavam que nenhum dos poços de bombeamento se encontravam em funcionamento. Nos arquivos já constavam o registro de 18 poços, sendo 3 do Acampamento Norte (ACN01, ACN01A e ACN02), 10 do Acampamento Sul (ACP01, ACP03, ACP04, ACP05, ACP06, ACP07, ACP08, ACP09, ACP10 e ACP11) e 5 do Furo 30 (FTP01, FTP02, FTP03, FTP04 e FTP05). Porém, na nova compilação de dados, foi constatado que o poço ACP11 ainda se encontrava em operação para abastecimento do escritório. Foram encontrados também registros adicionais dos poços ACP07, ACP08 e ACP09, além dos perfis construtivos para todos os dispositivos.

O monitoramento foi executado entre dezembro/1997 e janeiro/2003 para os poços do Acampamento Norte; de setembro/1996 a março/2002 para os equipamentos do Acampamento Sul; e para os dispositivos do Furo 30, entre dezembro/1997 e janeiro/1999. A Tabela 5.7 a seguir relaciona os poços existentes na antiga mina do igarapé Bahia e a Figura 5.32 apresenta as suas respectivas localizações.

Tabela 5.7: Relação dos poços da mina do Igarapé Bahia.

Instrumento	UTM N	UTM E	Cota	Início da operação	Fim da operação	Local
ACN01	9333857.00	546936.00	646.44	dezembro/1997	julho/1998	Acp. Norte
ACN01A	9333835.18	546919.50	560.80	julho/2002	janeiro/2003	Acp. Norte
ACN02	9333692.76	546817.22	586.28	julho/2002	janeiro/2003	Acp. Norte
ACP01	9333549.05	547584.54	635.07	setembro/1996	janeiro/1999	Acp. Sul
ACP03	9333853.75	547546.44	625.92	setembro/1996	setembro/1998	Acp. Sul
ACP04	9333873.00	547298.00	625.00	setembro/1996	dezembro/1998	Acp. Sul
ACP05	9332888.99	547495.71	606.60	dezembro/1997	fevereiro/1999	Acp. Sul
ACP06	9333149.50	547563.20	605.86	dezembro/1997	fevereiro/1999	Acp. Sul
ACP07	9333627.42	547523.46	576.40	fevereiro/1998	abril/2006	Acp. Sul
ACP08	9333719.62	547477.56	581.14	dezembro/1997	março/2005	Acp. Sul
ACP09	9333808.64	547412.39	577.77	outubro/1998	agosto/2004	Acp. Sul
ACP10	9333528.24	547784.56	571.10	dezembro/1998	janeiro/2003	Acp. Sul
ACP11	9333871.81	547202.23	580.61	fevereiro/1999	março/2022	Acp. Sul
FTP01	9332441.60	547789.76	650.07	março/1998	janeiro/1999	Furo 30
FTP02	9332393.98	547903.96	560.80	dezembro/1997	janeiro/1999	Furo 30
FTP03	9332843.80	548138.11	586.28	dezembro/1997	setembro/1998	Furo 30
FTP04	?	?	?	janeiro/1999	fevereiro/1999	Furo 30
FTP05	?	?	?	janeiro/1999	janeiro/1999	Furo 30


Figura 5.32: Localização dos poços de bombeamento da antiga mina do Igarapé Bahia.

O gráfico da Figura 5.33 mostra a evolução do bombeamento dos poços ACN01, ACN01A e ACN02. As médias respectivas das vazões são de 89,17 m³/h, 44,31 m³/h e 9,18 m³/h, para os períodos compreendidos entre dezembro/1997 e julho/1998 para o ACN01, e julho/2002 e janeiro/2003 para o ACN01A e o ACN02.

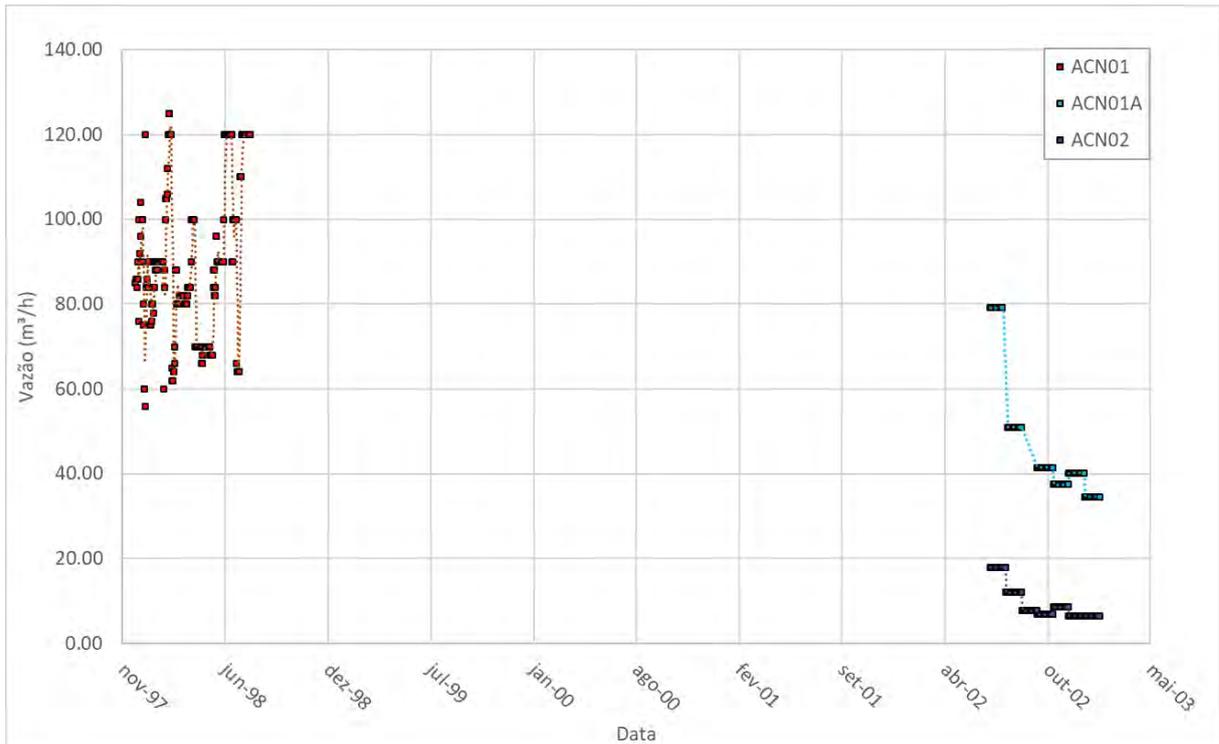


Figura 5.33: Hidrograma das vazões dos poços ACN01, ACN01A e ACN02 da cava Acampamento Norte.

Os hidrogramas referentes aos poços do Acampamento Sul foram separados em 5 figuras distintas (Figura 5.34, Figura 5.35, Figura 5.36, Figura 5.37 e Figura 5.38) em fins de se facilitar a visualização.

Os poços ACP01 e ACP03 (Figura 5.34) foram observados respectivamente de setembro/1996 a janeiro/1999 e setembro/1996 a setembro/1998 onde produziram, em média, vazões de 43,71 m³/h e 54,14 m³/h, respectivamente. Eles apresentaram ainda valores constantes no período de julho/1998 até o final do monitoramento.

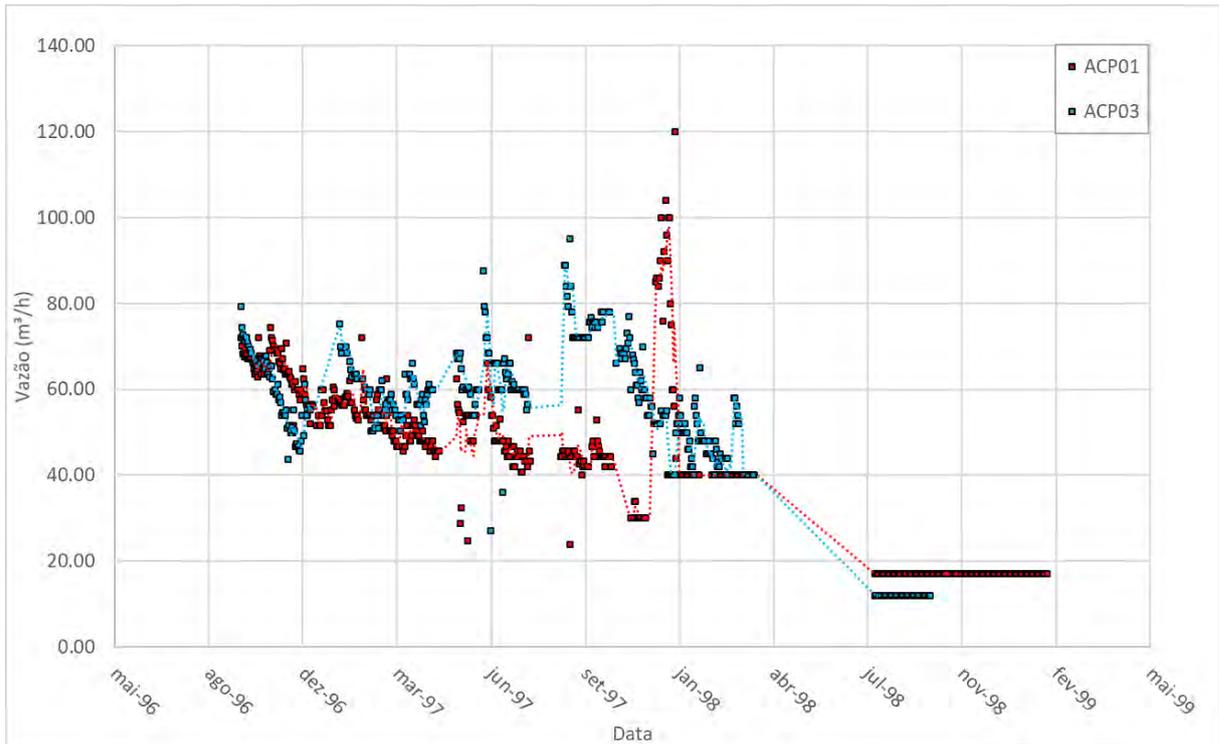


Figura 5.34: Hidrograma de vazões dos poços ACP01 e ACP03 da cava Acampamento Sul.

Para o ACP04 e o ACP05 (Figura 5.35) foram observadas médias históricas de 75,31 m³/h e 40,98 m³/h, entre setembro/1996 e dezembro/1998 para o primeiro e dezembro/1997 e fevereiro/1999 para o segundo. O poço ACP05 também apresentou uma constância em sua vazão no final do monitoramento, no período entre novembro/1998 e fevereiro/1999.

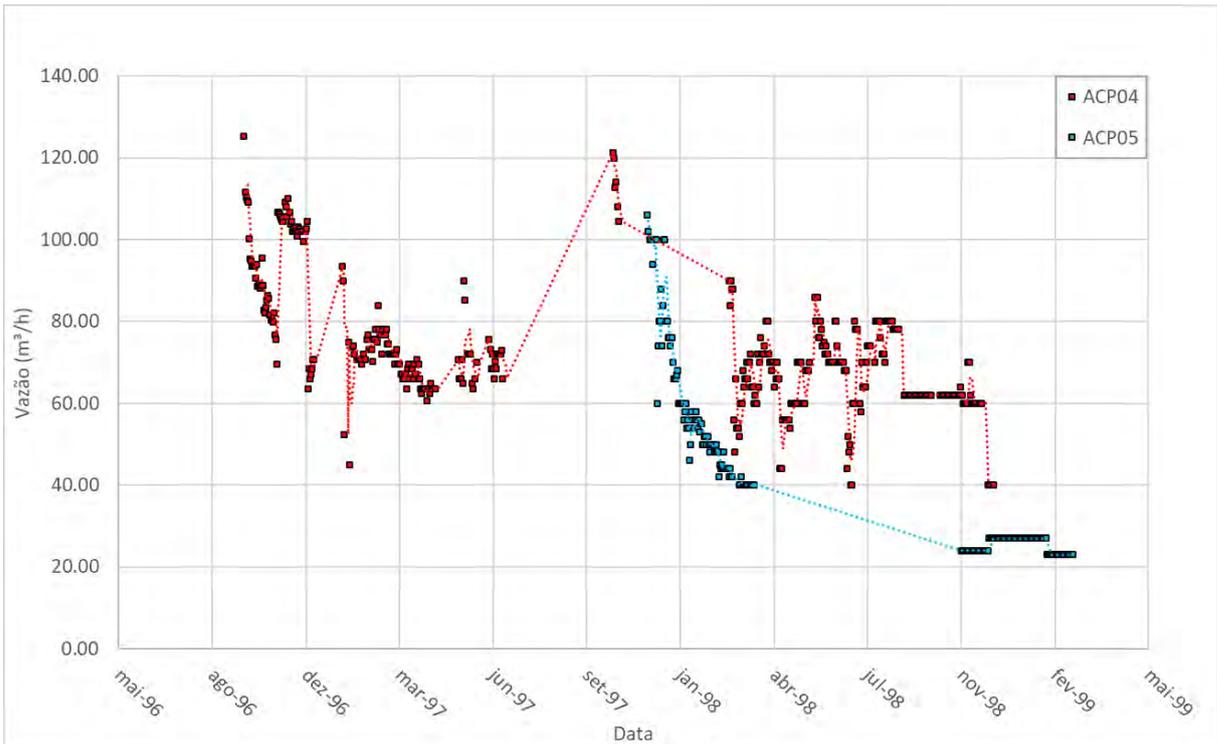


Figura 5.35: Hidrograma de vazões dos poços ACP04 e ACP05 da cava Acampamento Sul.

No contexto dos poços ACP06 e ACP07 (Figura 5.36), o primeiro apresenta uma série curta e com poucas oscilações ao longo da mesma, enquanto o segundo exibe um registro mais longo de operação, com oscilações maiores nas taxas de bombeamento a partir de novembro/2003. As médias na devida ordem são de 26,01 m³/h e 31,80 m³/h, para o intervalo de tempo de dezembro/1997 a fevereiro/1999 e fevereiro/1998 a abril/2006, respectivamente.

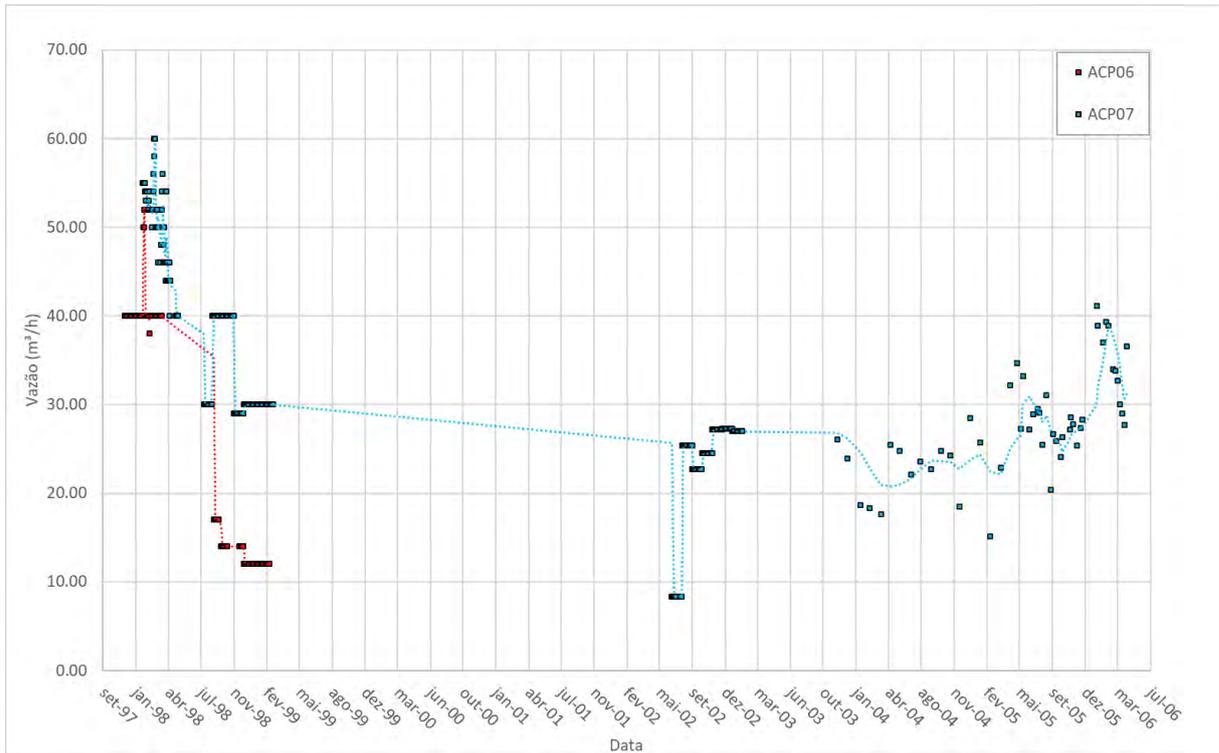


Figura 5.36: Hidrograma de vazões dos poços ACP06 e ACP07 da cava Acampamento Sul.

As evoluções dos registros dos dispositivos ACP08 e ACP09 estão dispostos na Figura 5.37. O acompanhamento, que se deu respectivamente de dezembro/1997 até março/2005 e de outubro/1998 até agosto/2004, aponta que as médias para o ACP08 e ACP09 são de 52,63 m³/h e 39,27 m³/h, nessa ordem.

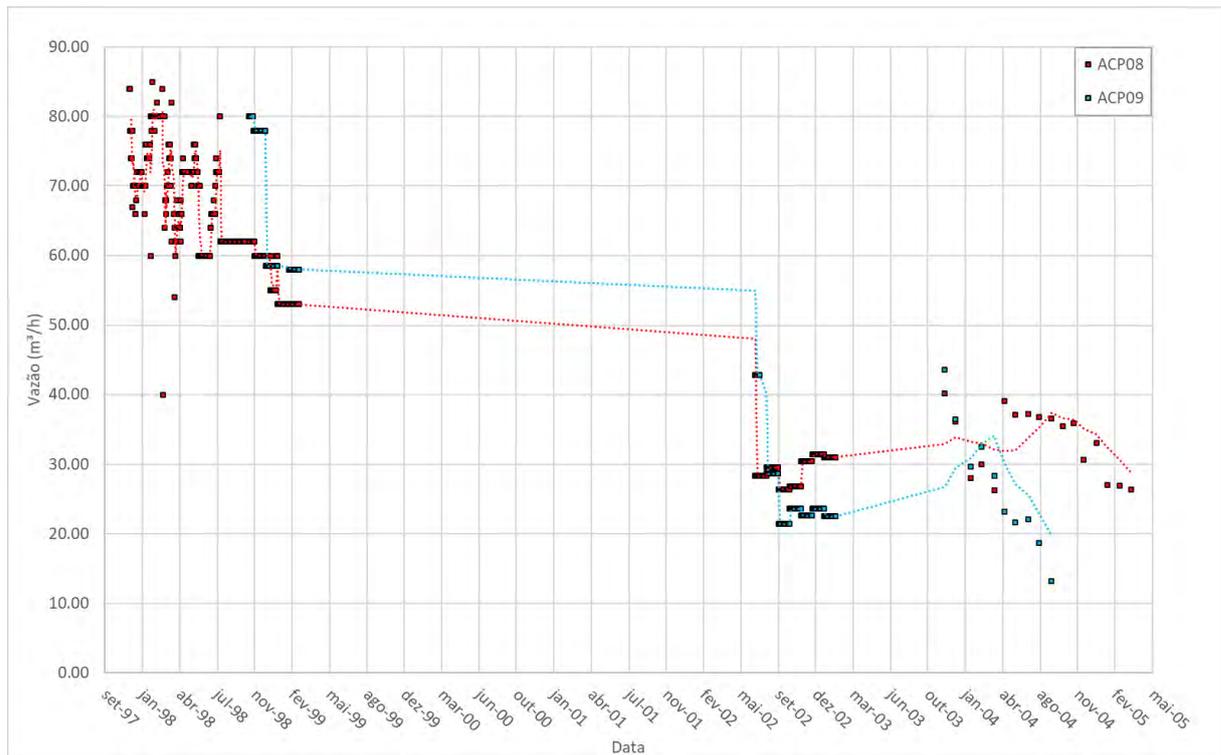


Figura 5.37: Hidrograma de vazões dos poços ACP08 e ACP09 da cava Acampamento Sul.

Os registros dos poços ACP10 e ACP11 podem ser vistos na Figura 5.38. O monitoramento compilado para o ACP10 vai de dezembro/1998 a janeiro/2003, enquanto que para o ACP11, único poço de bombeamento ainda em operação, compreende o período de fevereiro/1999 a março/2022. A taxa média de bombeamento para o primeiro é de 13,07 m³/h, enquanto que para o segundo é de 22,96 m³/h.

Ainda, para o poço ACP11, o relatório técnico de outorga realizado pela WATERGEO em 2020 (WGS-RT-168-01O-20-R01) apresenta os testes de bombeamento e recuperação do nível d'água, para o qual o poço apresentou vazão final de 36,04 m³/h. O teste foi realizado em função a atualizar a Outorga nº 3581/2019, que dispõe sobre a vazão de bombeamento e finalidade do poço ACP11, no qual o relatório da WATERGEO pleiteou o aumento da vazão outorgada, de 100 m³/dia para 594 m³/dia, e inclusão do uso de água para atividades como limpeza predial, limpeza em geral e jardinagem no empreendimento, além de abastecimento humano que, apesar de já contemplado, está considerado um aumento do número de colaboradores devido as atividades relacionadas às fases de Pré-implantação e Implantação do Projeto Alemão.

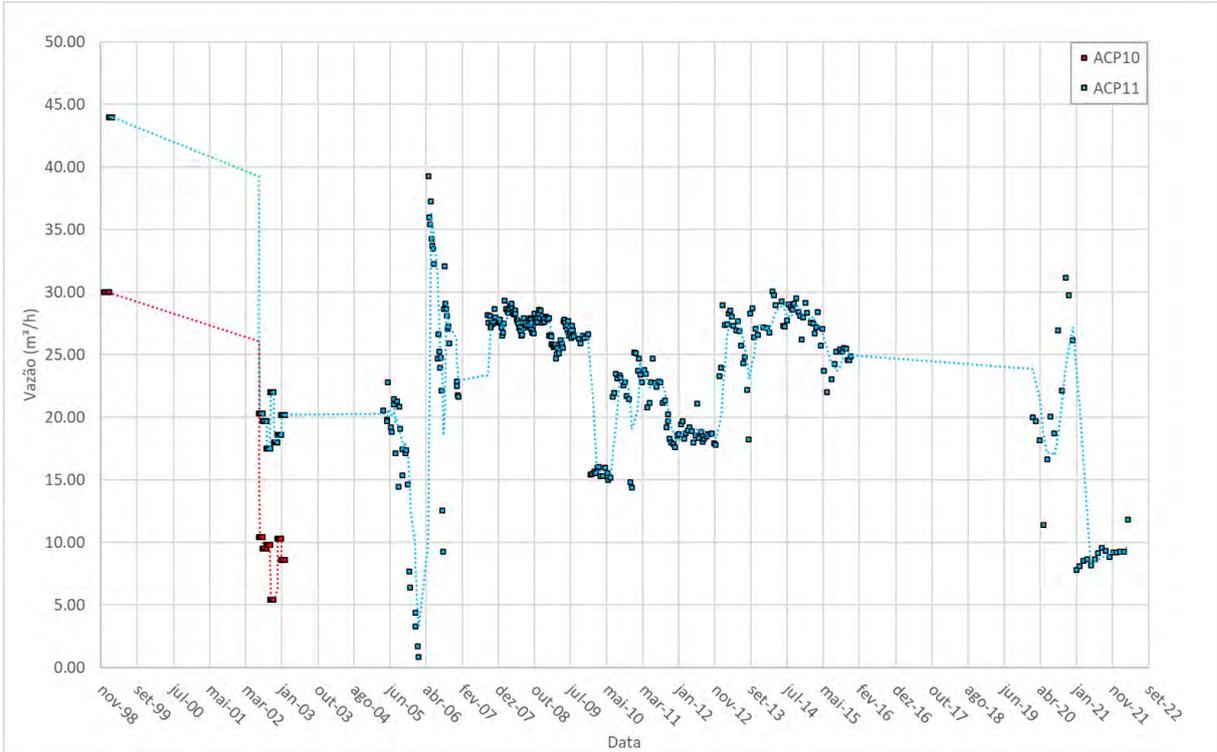


Figura 5.38: Hidrograma de vazões dos poços ACP10 e ACP11 da cava Acampamento Sul.

Na demonstração dos cenários dos poços do Furo 30 também foi feita a separação em dois histogramas (Figura 5.39 e Figura 5.40), em virtude de se aprimorar a compreensão dos gráficos.

No gráfico da Figura 5.39 são demonstradas as vazões dos poços FTP01 e FTP02. No monitoramento, que decorreu de março/1998 a janeiro/1999 para o FTP01 e de dezembro/1997 a janeiro/1999 para o FTP02, foram registradas as médias respectivas de 66,61 m³/h e 63,83 m³/h.

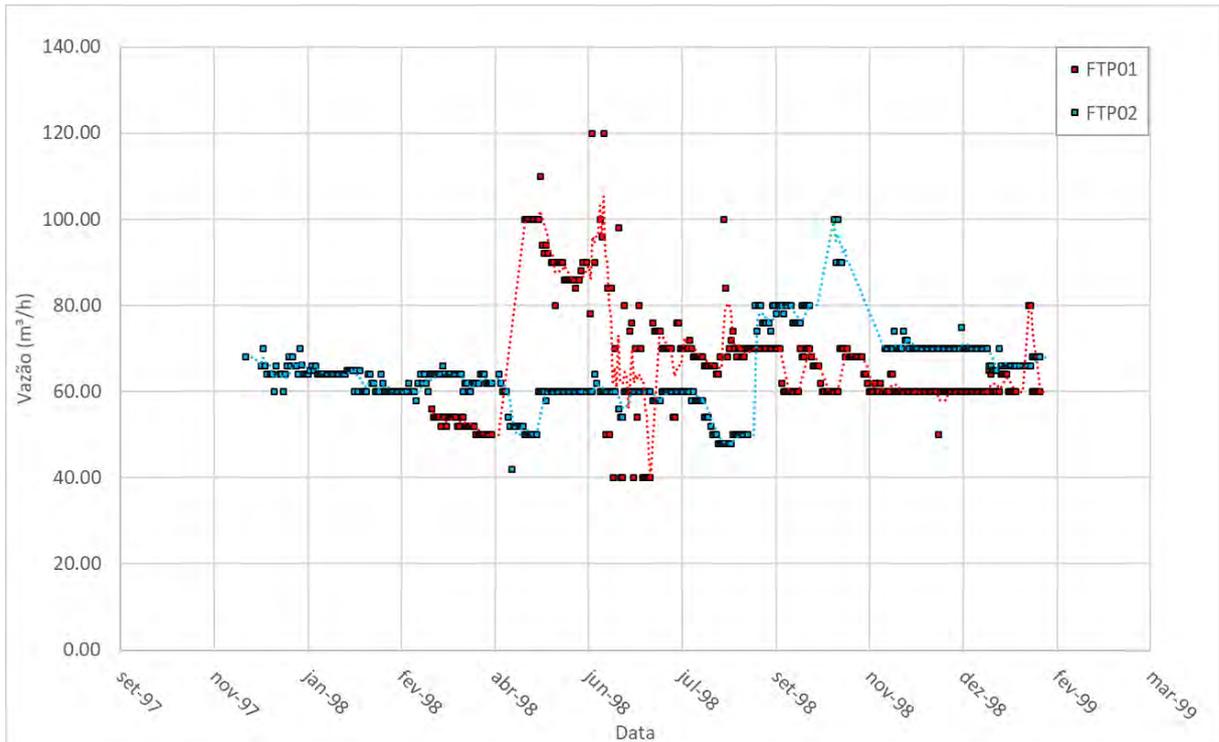


Figura 5.39: Hidrograma de vazões dos poços FTP01 e FTP02 da cava Furo 30.

O gráfico da Figura 5.40 ilustra o registro dos dados para os poços FTP03, FTP04 e FTP05. O FTP03, monitorado de dezembro/1997 até setembro/1998, expõe uma média histórica de 43,76 m³/h, mostrando ainda taxas constantes ente fevereiro e setembro/1998. Já o poço FTP04 concentra seus registros entre janeiro e fevereiro/1999, exibindo uma média de 50,34 m³/h. Por fim, o poço FTP05 possui apenas uma leitura de vazão do dia 15 de janeiro de 1999, no valor de 1,00 m³/h.

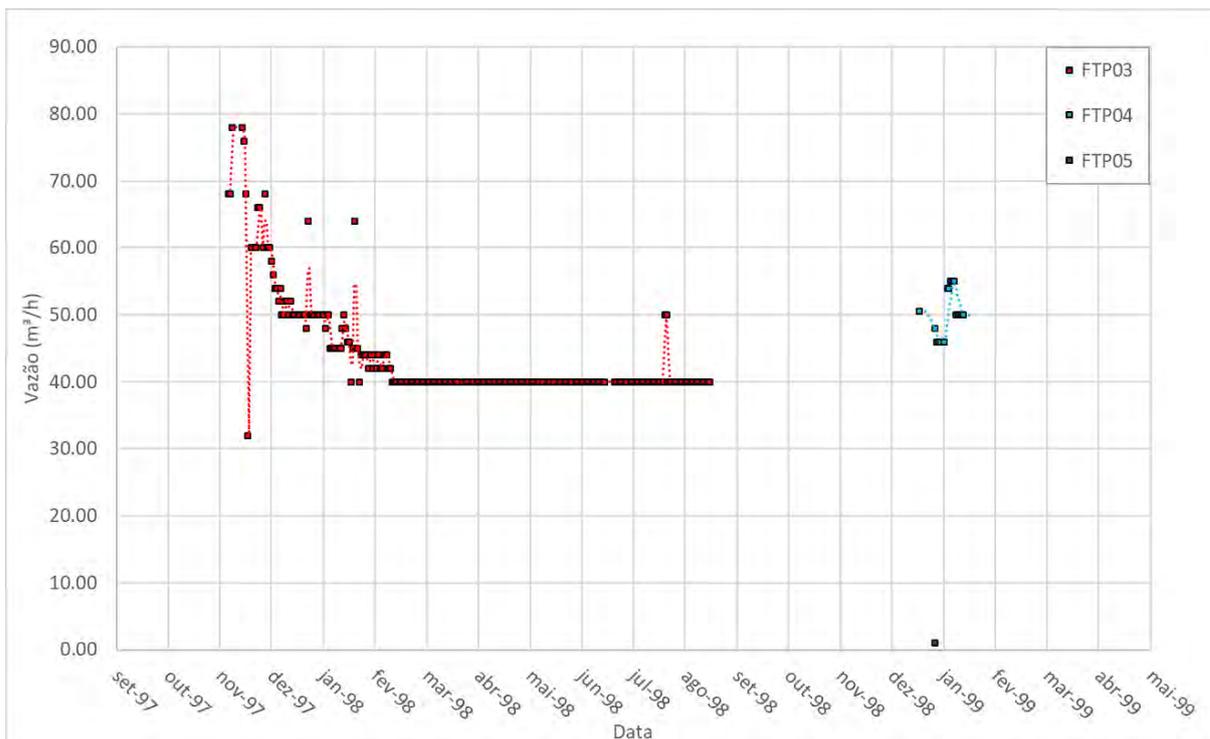


Figura 5.40: Hidrográfico de vazões dos poços FTP03, FTP04 e FTP05 da cava Furo 30.

5.6 NASCENTES

Os dados de nascentes da região de estudos compilados pelo trabalho da MDGEO de 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072) foram inventariadas por um trabalho executado pela GOLDER de 2004 (Relatório técnico RT-029-5123-5110-0022-01-B). Um total de sete pontos foram registrados sendo, em sua maioria, próximos às drenagens principais da área do igarapé Galeria e igarapé Alemão. Esse levantamento foi realizado em outubro/2001, em um período que já havia iniciado a estação chuvosa para aquele ano hidrológico. Dessa forma, por se tratar da transição entre o período de recessão do aquífero e o início do período chuvoso, não havia sido possível mensurar a vazão de algumas nascentes, considerando-as como efêmeras. Houve o registro também de outros dez pontos, sendo em que alguns foram registradas vazões e/ou presença de surgências. A Tabela 5.8 apresenta os dados de nascentes compilados pelo trabalho da MDGEO de 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072).

Tabela 5.8: Dados cadastrais das nascentes compilados pelo trabalho da MDGEO de 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072).

Nascente	UTM N	UTM E	Cota	Descrição	Vazão (l/s)
NAS1	9334292.21	546952.55	579.50	Igarapé Galeria. Solo argiloso sobre metarenito alterado	-
NAS2	9334849.02	546288.64	585.00	Igarapé Galeria. Solo e metarenito pouco alterado. Surgência na interface rocha-solo	3.00
NAS3	9334785.50	546022.50	401.50	Igarapé Alemão. Ocorrência de inúmeras surgências	-
NAS6	9334544.60	546026.80	442.00	Igarapé Alemão	1.00
NAS9	9334413.00	545998.00	530.00	Igarapé Alemão. Ocorrência de pequenas surgências. Metarenito são	-
NAS10	9334849.02	546228.64	401.51	Igarapé Galeria. Metarenito	-
NAS11	9334565.00	546431.00	460.00	Igarapé Galeria	-
NAS4	-	-	-	Igarapé Alemão, 150 m a montante de NAS3. Solo argiloso	-
NAS5	-	-	-	Igarapé Alemão, 50 m a montante de NAS4	-
NAS7	-	-	-	Igarapé Alemão, 220 m a montante de NAS5. Metarenito são	-
NAS8	-	-	-	Igarapé Alemão, 120 m a montante de NAS7. Ocorrência de pequenas surgências	-
NAS12	-	-	-	Drenagem, 130 m a montante de NAS11. Ocorrência de inúmeras surgências	< 1.0
NAS13	-	-	-	Drenagem, 70 m a montante de NAS12	-
NAS14	-	-	-	Drenagem, à montante de NAS13. Ocorrência de inúmeras surgências	< 3.0
NAS15	-	-	-	Drenagem, 250 m a montante de NAS13. Ocorrência de inúmeras surgências	< 5.0
NAS16	-	-	-	Drenagem, 40 m a montante de NAS15	< 2.0
NAS17	-	-	-	Drenagem, entroncamento com NAS11. Ocorrência de inúmeras surgências. Metarenito	< 3.0

Na nova compilação de dados apresentada por este trabalho, porém, foi encontrado o registro de 70 nascentes cadastradas pelo trabalho da GOLDER de 2011 (Relatório técnico RT-019_089-515-2012_01-J), das quais 49 se encontram dentro dos novos limites propostos para a área de estudos. A Tabela 5.9 lista as nascentes inventariadas dentro da área estudada.

Tabela 5.9: Nascentes inventariadas dentro dos limites da nova área de estudos pelo trabalho da GOLDER de 2011 (Relatório técnico RT-019_089-515-2012_01-J).

Nascente	UTM N	UTM E	Cota	Descrição	Vazão (l/s)
N-1	9334110	546007	549	Nascente do Igarapé Alemão em solo coluvionar	0.08
N-2	9333971	545713	595	Nascente do Igarapé Alemão	0.05
N-3	9334047	545532	583	Nascente do Igarapé Alemão, difusa	0.2
N-4	9330624	546010	615	-	0.5

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Nascente	UTM N	UTM E	Cota	Descrição	Vazão (l/s)
N-6	9334564	546402	478	Nascente do Igarapé Galeria em seu trecho N-S	0.5
N-7	9334559	546794	539	Nascente do Igarapé Galeria em seu trecho E-W. A água aflora de um buraco no solo com vazão e energia elevadas. Ressurgência. A montante há um trecho seco, e mais a montante a drenagem volta a apresentar água	0.5
N-8	9334565	546983	577	Nascente do Igarapé Galeria em seu trecho E-W	0.2
N-9	9334420	546971	585	Nascente próxima à barragem do furo de sondagem, Igarapé Galeria	0.1
N-10	9332030	546158	621	Nascente do Igarapé Ceará em solo coluvionar com concreções lateríticas	0.05
N-11	9333358	545395	595	Nascente do Igarapé Ceará, difusa	0.3
N-12	9333434	545109	619	Nascente do Igarapé Ceará. Deste ponto até a confluência, o Igarapé apresenta trechos secos, onde a água escorre sob o solo	0.2
N-13	9333371	545261	571	Nascente do Igarapé Ceará em solo coluvionar	0.05
N-14	9332615	548001	524	Nascente do Igarapé Vizinho próximo ao Furo 30. Contato entre solo e rocha	0.5
N-15	9332535	548133	516	Nascente do Igarapé Vizinho em solo	0.02
N-19	9334291	548647	589	Nascente Igarapé Bahia que drena a partir das pilhas de estéril. Talvegue bem encaixado que recebe o dreno das pilhas de estéril na época de chuvas	0.05
N-20	9331531	548206	542	Nascente do Igarapé Bahia em solo areno-argiloso	0.05
N-21	9331578	548251	544	Nascente do Igarapé Bahia	0.05
N-22	9331646	548363	559	Nascente do Igarapé Bahia em blocos de arenito e concreções ferruginosas	0.1
N-23	9331401	547816	587	Nascente do Igarapé Bahia, difusa	0.2
N-24	9332117	547300	591	Nascente do Igarapé Bahia	0.8
N-25	9329461	546933	597	Nascente do Igarapé Sergipe	0.1
N-26	9333451	549149	477	Nascente do Igarapé das Antas, difusa em solo argilo-arenoso	0.1
N-27	9333270	548620	491	Nascente do Igarapé do Sumidouro. Blocos rolados de arenito. Em torno da drenagem, arenito em rocha são bastante fraturada	-
N-28	9333988	545631	587	Nascente do Igarapé Alemão, próxima a confluência das drenagens, solo argiloso.	0.05

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Nascente	UTM N	UTM E	Cota	Descrição	Vazão (l/s)
N-29	9334932	547502	573	Nascente do Igarapé Bahia (acampamento dos garimpeiros)	0.05
N-30	9332661	547958	542	Nascente do Igarapé Vizinho. Leito da drenagem em solo coluvionar com blocos de rocha e de laterita. A montante deste ponto a água ressurge. Este Igarapé apresenta trechos secos ao longo do seu curso e pontos de surgência	-
N-31	9331450	547750	584	Nascente do Igarapé Bahia, abaixo de um bloco de arenito com alta vazão	1
N-32	9331916	548489	531	Nascente Igarapé Bahia	0.1
N-34	9334451	544952	605	Surgência a jusante do talvegue próximo a confluência com o segundo braço de drenagem. No local ocorrem blocos rolados do siltito vermelho dando condição para o escoamento das águas. No leito areia esbranquiçada de quartzo. Pode ser em surgência de contato siltito/arenito mas não se pode comprovar pelas condições de vegetação	-
N-35	9334507	544917	621	Surgência em talvegue secundário do braço oeste do Igarapé Alemão. Saída de água brejada (panela) com areia solta	0.2
N-36	9334605	546036	436	Surgência próximo a confluência com Igarapé Alemão. Ponto na drenagem de desvio de águas pluviais da estrada	0.25
N-37	9329366	550035	627	Cabeceira do Igarapé Sergipe. Nascente em local brejado	0.15
N-38	9328989	547551	528	Surgência na cabeceira do Igarapé Sergipe. Região de mata fechada. Nascente em local brejado	0.05
N-39	9334489	543839	591	Surgência no barranco em área de ocorrência de blocos de arenito. Nascente do Igarapé Pernambuco	0.02
N-40	9333992	544120	622	Nascente adjacente ao leito principal do Igarapé Pernambuco. Saída em barranco, com matacões de arenito	0.25
N-41	9333938	544146	630	Nascente principal do Igarapé Pernambuco. Saída de água no barranco. Local de ocorrência de arenitos	0.2
N-42	9331903	548969	540	Nascente difusa em solo argiloso com blocos de metarenito	-
N-43	9331898	548991	524	Nascente pontual em solo areno-argiloso com blocos de metarenito	0.3
N-44	9332531	549154	453	Nascente pontual sob uma árvore em meio a um solo arenoso e vegetação florestal densa. Cerca de 20 m a jusante a água infiltra no solo, ressurgindo novamente na superfície no ponto 5	0.2
N-45	9332790	549011	425	Nascente pontual em solo arenoso próximo à barragem e no mesmo talvegue do ponto 4	1
N-46	9331128	550539	615	Nascente pontual em solo areno-argiloso em vale bastante encaixado	0.1
N-47	9331376	550063	611	Nascente pontual em solo areno-argiloso em 3 pontos próximos uns aos outros	0.5
N-48	9331691	550234	581	Nascente pontual em solo areno-argiloso coberto por serrapilheira e matacões de arenito	0.2

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Nascente	UTM N	UTM E	Cota	Descrição	Vazão (l/s)
N-49	9331417	549798	622	Nascente pontual em solo areno-argiloso e blocos de metarenito. O curso d'água desta nascente intercala entre nascentes e sumidouros	0.2
N-50	9332220	550725	545	Nascente pontual em meio a solo areno-argiloso com presença de blocos de metarenito. A água aflora em vários pontos adjacentes	1
N-51	9332255	550909	556	Nascente sob blocos rochosos. A cerca de 20 metros a jusante a água infiltra no solo e o corpo d'água torna-se intermitente até o ponto 23	0.3
N-53	9332509	551417	500	Nascente pontual em solo areno-argiloso com blocos de metarenito	2
N-54	9332678	551100	457	Nascente pontual em solo areno-argiloso com blocos de metarenito	1
N-55	9333143	551043	578	Nascente pontual aflorando em meio a blocos de metarenito e solo arenoso	0.5

A empresa DF+, no âmbito do projeto para o estabelecimento da barragem de rejeitos da mina do Alemão, realizou um inventário de nascentes em regiões à montante da barragem do Igarapé Bahia. Dos nove pontos listados, os sete primeiros foram levantados em setembro/2021, ainda no período seco, e dois em dezembro/2021, já no início da estação chuvosa. A Tabela 5.10 lista as nascentes inventariadas pelo trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03062) e o mapa da Figura 5.41 apresenta suas localizações.

Tabela 5.10: Nascentes inventariadas dentro dos limites da nova área de estudos pelo trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03062).

Nascente	UTM N	UTM E	Cota	Descrição
N-DF-01	9331976	548240	496	Tálus
N-DF-02	9331926	548468	513	Tálus
N-DF-03	9332801	549145	417	Solo coluvionar arenoso
N-DF-04	9331182	550468	611	Tálus
N-DF-05	9331260	550416	600	Solo coluvionar arenoso
N-DF-06	9331462	550293	572	Solo coluvionar arenoso
N-DF-07	9331589	550169	552	Afloramento de arenito
N-DF-08	9332503	551435	503	Solo coluvionar arenoso
N-DF-09	9333201	550310	430	Tálus

Ao se confrontar as três bases de dados levantadas, é possível verificar que alguns dos pontos foram cadastrados em mais de uma oportunidade, por trabalhos

diferentes. Dessa forma, a compilação dos três relatórios indica para um inventário total de 61 nascentes dentro dos limites da área de estudos. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** exibe a relação dos pontos registrados mais de uma vez pelos diferentes trabalhos.

Tabela 5.11: Relação de nascentes cadastradas mais de uma vez pelos três inventários realizados na área de estudos.

Pontos	GOLDER 2003	GOLDER 2011	DF+ 2021
01	NAS11	N-6	-
02	-	N-32	N-DF-02
03	-	N-53	N-DF-08
04	-	N-46	N-DF-04

No trabalho desenvolvido pela CLAM em 2022 (Relatório técnico CL-HC-892-RT-01-00), houve a revisita dos pontos cadastrados pelos trabalhos citados anteriormente em abril do mesmo ano, dos quais os pontos N-11, N-12, N-13, N-25 e N-38 cadastrados pela GOLDER em 2011 não foram aferidos. As demais nascentes inventariadas são apresentadas na Tabela 5.12, assim como o código correspondente aos trabalhos anteriores e as vazões tomadas, quando possível.

Tabela 5.12: Nascentes inventariadas pelo trabalho da CLAM de 2022 (Relatório técnico CL-HC-892-RT-01-00).

Nascente	Código anterior	UTM N	UTM E	Cota	Descrição	Vazão (m³/s)
N-Clam 01	N-36	9334564	545993	461	Surgência próxima a confluência da nascente do Igarapé Alemão, aflora em solo coluvionar de silte-arenoso, com fragmentos de rocha de tamanhos variados.	0,64
N-Clam 02	N-18	9318764	570503	546	Nascente do Ribeirão Águas Claras, aflora em solo arenoso, de granulometria variada. Local com blocos rolados.	1,26
N-Clam 03	N-33	9318918	570648	496	Nascente do Ribeirão Águas Claras, aflora em solo arenoso de granulometria variada, presença de blocos rolados.	1,40
N-Clam 04	N-16	9320833	575366	619	Nascente do Ribeirão Águas Claras, aflora em solo coluvionar com açaizeiros a jusante. Área de alta declividade, com fragmentos de rochas ao longo do curso.	1,25
N-Clam 05	N-17	9320711	574703	630	Nascente do Ribeirão Águas Claras, aflora em solo coluvionar, com presença de matéria orgânica. Região de drenagem fechada com vegetação densa.	0,14
N-Clam 06	N-15	9332424	548049	547	Drenagem seco. Local de mata fechada de alta declividade.	-

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Nascente	Código anterior	UTM N	UTM E	Cota	Descrição	Vazão (m³/s)
N-Clam 07	N-09	9334508	546841	559	Drenagem seco.	-
N-Clam 08	NAS-01	9334309	546955	580	Drenagem seco.	-
N-Clam 09	N-08	9334545	546870	419	Drenagem seco.	-
N-Clam 10	N-07	9334481	546790	424	Nascente do Igarapé Galeria, aflora em bloco de Metargilito, apresentando trecho seco a jusante.	0,34
N-Clam 11	N-10	9332094	546114	594	Nascente do Igarapé Ceará em solo coluvionar.	0,39
N-Clam 12	N-04	9330539	545961	590	Nascente do Igarapé Sergipe, aflora em solo coluvionar com fragmentos de rochas.	0,94
N-Clam 13	N-37	9329328	550010	602	Nascente do Igarapé Sergipe, aflora em solo arenoso brejado.	0,27
N-Clam 14	N-02	9333954	545590	577	Nascente do Igarapé Alemão, aflora no pé de Pachiba em solo silte-arenoso.	0,21
N-Clam 15	N-03	9334002	545514	598	Nascente do Igarapé Alemão próximo a confluência da N-Clam 14, aflora em solo coluvionar.	0,68
N-Clam 16	N-28	9333982	545578	600	Água aflora em solo arenoso, local brejado próximo a confluência das drenagens N-Clam 14 e N-Clam 15, impossibilitando a medição de vazão e dos parâmetros físico-químicos.	-
N-Clam 17	NAS-10	9334829	546220	461	Drenagem seco. Local de alta declividade e de solo argiloso.	-
N-Clam 18	NAS-02	9334842	546274	460	Drenagem seco. Local de alta declividade e de solo argiloso.	-
N-Clam 19	NAS-11	9334578	546360	561	Nascente próximo a confluência com o Igarapé Galeria. Local está brejado impossibilitando a medição de vazão.	-
N-Clam 20	N-06	9334537	546384	380	Nascente do Igarapé Galeria em solo coluvionar.	0,27
N-Clam 21	NAS-03	9334751	546014	386	Nascente do Igarapé Alemão em solo argiloso. Local há erosão nas margens. Região brejada.	0,08
N-Clam 22	N-39	9334447	543824	620	Nascente do Igarapé Pernambuco. Água aflora em solo arenoso.	0,16
N-Clam 23	N-34	9334363	544893	298	Nascente do Igarapé Alemão, aflora em um bloco de Metarenito.	0,33
N-Clam 24	N-35	9334405	544934	650	Água aflora em barranco de solo silte-arenoso, próximo a confluência com o ponto N-Clam 23. Nascente do Igarapé Alemão.	0,28
N-Clam 25	N-19	9334240	548660	607	Nascente Igarapé Bahia, abaixo de antigas pilhas de estéril. Foi encontrado vários pontos de água parada, impossibilitando a medição de vazão.	-
N-Clam 26	N-29	9334844	547570	589	Nascente do Igarapé Bahia. Local com talvegue bem encaixado, dificultando o acesso. A montante curso fica difuso.	1,05
N-Clam 27	N-41	9333894	544112	560	Nascente do Igarapé Pernambuco, aflora em barranco de solo coluvionar. Local com muitos blocos rolados.	0,64
N-Clam 28	N-40	9333916	544071	563	Nascente adjacente do Igarapé Pernambuco, aflora em solo arenoso, com muitos blocos rolados.	0,30
N-Clam 29	N-46	9331080	550674	612	Nascente do Igarapé Bahia, aflora em barranco de solo silte-arenoso. Local com água parada, impossibilitando a medição de vazão e dos parâmetros físico-químicos.	-
N-Clam 30	N-DF-06	9331441	550241	612	Nascente do Igarapé Bahia. Local com água parada, impossibilitando as medições de vazão e parâmetros físico-químico.	-
N-Clam 31	N-DF-07	9331630	550199	575	Nascente do Igarapé Bahia, aflora próximo a confluência de drenagem em solo brejado, impossibilitando a medições de vazão e dos parâmetros físico-químicos.	-
N-Clam 32	N-48	9331639	550167	521	Nascente do Igarapé Bahia, aflora em solo coluvionar.	0,27

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Nascente	Código anterior	UTM N	UTM E	Cota	Descrição	Vazão (m³/s)
N-Clam 33	N-DF-05	9331209	550374	602	Nascente do Igarapé Bahia. Água aflora em solo brejado.	0,07
N-Clam 34	N-DF-04	9331176	550418	610	Nascente do Igarapé Bahia. Água aflora abaixo de matações de Metarenito. Região com solo silte-arenoso.	0,07
N-Clam 35	N-DF-02	9331890	548382	506	Nascente do Igarapé Bahia, aflora em solo brejado de composição silte-arenoso.	0,11
N-Clam 36	N-32	9331885	548390	518	Nascente do Igarapé Bahia, aflora em solo coluvionar, com drenagem encaixado. Curso d'água com muitos blocos rolados.	0,34
N-Clam 37	N-47	9331374	550018	623	Nascente do Igarapé Bahia em solo coluvionar. Local de vegetação densa e drenagem encaixado.	1,50
N-Clam 38	N-49	9331420	549823	662	Drenagem seco. Região de alta declividade e vegetação densa.	-
N-Clam 39	N-24	9332066	547336	585	Nascente do Igarapé Bahia. Água aflora abaixo de um bloco de Metarrítimo.	0,77
N-Clam 40	N-23	9331371	547768	582	Nascente do Igarapé Bahia em drenagem encaixado. Curso d'água a jusante difuso.	0,18
N-Clam 41	N-31	9331394	547754	539	Nascente do Igarapé Bahia, aflora sobre um bloco de Metarenito, com vários blocos rolados á jusante. Curso d'água difuso.	0,35
N-Clam 42	N-22	9331604	548306	514	Nascente do Igarapé Bahia. Água aflora em solo fragmentos ferruginosos.	0,34
N-Clam 43	N-20	9331531	548210	588	Água aflora em solo silte-arenoso. Nascente do Igarapé Bahia, local de difícil acesso.	0,25
N-Clam 44	N-21	9331559	548192	530	Nascente do Igarapé Bahia. Água aflora em solo brejado, impossibilitando a medição de vazão e dos parâmetros físico-químicos.	-
N-Clam 45	N-DF-03	9332883	549095	422	Nascente do Igarapé Bahia. Região brejada, impossibilitando a medição de vazão.	-
N-Clam 46	N-45	9332744	548980	432	Nascente do Igarapé Bahia. Local de acesso intermediário, água aflora próximo a confluência principal.	0,74
N-Clam 47	N-44	9332547	549143	491	Drenagem seco.	-
N-Clam 48	N-27	9332909	548920	445	Drenagem seco próximo a estrada que dá acesso a barragem do IGB.	-
N-Clam 49	N-42	9331837	548984	467	Nascente do Igarapé Bahia. Água aflora em solo coluvionar de granulometria variado.	0,03
N-Clam 50	N-43	9331864	548947	524	Nascente próximo ao ponto N-Clam 49. Nascente do Igarapé Bahia em solo coluvionar.	1,12
N-Clam 51	N-26	9333406	549121	512	Nascente do Igarapé Bahia em meio a blocos rolados. Água aflora em solo coluvionar de granulometria variada de drenagem escarpada.	0,97
N-Clam 52	N-14	9332568	547962	432	Nascente próximo a cava do Furo 30. Água aflora em um Metarenito.	1,58
N-Clam 53	N-30	9332657	547916	515	Drenagem seco em voçoroca.	-
N-Clam 54	N-53	9332456	551410	524	Nascente do Igarapé Bahia. Local de difícil acesso em vegetação densa de alta declividade. Água aflora em meio a blocos rolados.	0,76
N-Clam 55	N-54	9332694	551157	483	Água aflora abaixo das raízes de uma árvore. Local de difícil acesso devido a vegetação densa. Nascente do Igarapé Bahia.	0,84
N-Clam 56	N-55	9332833	551058	393	Nascente do Igarapé Bahia. Local de difícil acesso, de alta declividade. Água aflora em solo coluvionar em meio a vegetação densa.	0,84
N-Clam 57	N-51	9332445	550849	387	Nascente do Igarapé Bahia. Região com muitos blocos rolados. Água aflora em solo coluvionar de granulometria variada.	1,36
N-Clam 58	N-50	9332439	550594	488	Nascente em bloco de Metarenito do Igarapé Bahia. Local de difícil acesso.	0,84
N-Clam 59	NAS-06	9334550	546014	463	Ponto de controle. Ponto marcado acima ao ponto N-Clam 01.	-
N-Clam 60	NAS-09	9334441	545979	451	Drenagem seco. Local próximo a confluência de drenagem.	-

Nascente	Código anterior	UTM N	UTM E	Cota	Descrição	Vazão (m³/s)
N-Clam 61	N-01	9334430	545947	470	Nascente do Igarapé Alemão. Drenagem escarpada, água aflora em solo coluvionar de alta vazão.	1,60
N-Clam 62	N-DF-01	9331963	548206	518	Nascente em solo coluvionar do Igarapé Bahia. Drenagem a jusante encontra-se com os pontos N-Clam 36 e N-Clam 35.	0,28
N-Clam 63	N-DF-09	9333239	550327	403	Nascente do Igarapé Bahia. Água aflora em solo coluvionar em alta declividade. Curso d'água com blocos rolados.	0,25
N-Clam 64	N-DF-08	9332496	551437	524	Nascente em drenagem fechada. Água aflora abaixo de blocos rolados próximo a confluência de drenagem.	0,10

O mapa da Figura 5.41 a seguir apresenta a localização de todas as nascentes cadastradas dentro da área de estudos, pelos trabalhos de levantamento realizados pela GOLDER em 2004 e em 2011 e pela DF+ em 2011 e na Figura 5.42 é apresentado a localização dos pontos revisitados pela CLAM em 2022.

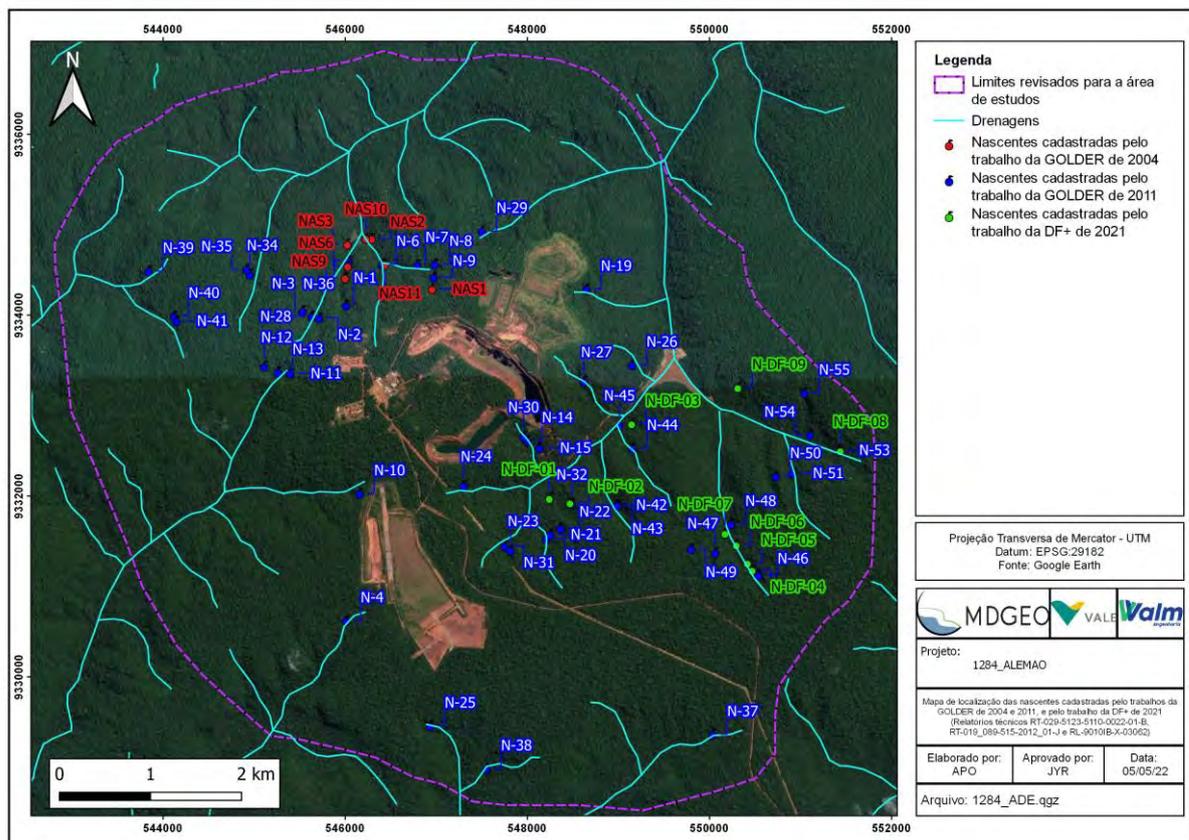


Figura 5.41: Localização das nascentes cadastradas pelos trabalhos da GOLDER de 2004 e 2011 (Relatórios técnicos RT-029-5123-5110-0022-01-B e RT-019_089-515-2012_01-J), e da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03062).

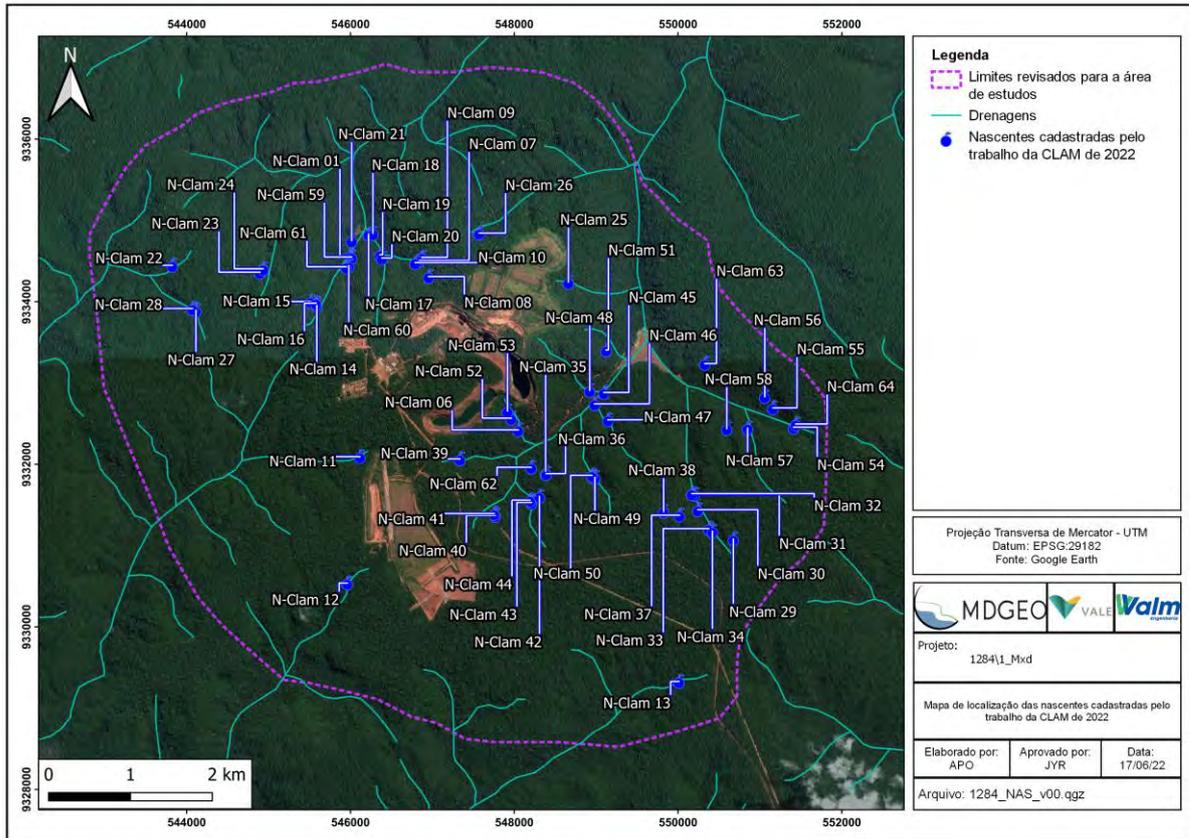


Figura 5.42: Localização das nascentes cadastradas pela CLAM em 2022.

Ressalta-se que alguma variação na localização e cota das nascentes é reconhecida, contudo se deve a variações de GPS e período da coleta, na qual a cota da surgência pode variar durante as estações chuvosas e secas.

6 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL

O modelo hidrogeológico conceitual tem como premissa definir as unidades hidrogeológicas presentes na área a ser estudada, bem como as suas características hidrodinâmicas e o condicionamento da circulação da água subterrânea (recarga, fluxo e descarga). Esses fatores serão os pilares para a construção do modelo numérico.

Nesse contexto, o presente capítulo apresenta o modelo hidrogeológico conceitual da futura mina subterrânea do alemão e entornos, a partir de informações geológicas, topográficas e hidrogeológicas, apresentadas e discutidas nos capítulos anteriores.

6.1 ABRANGÊNCIA DO MODELO

A delimitação da área de estudos (Figura 6.1) foi realizada de modo a atender as demandas apresentadas pelo ICMBio, que contempla uma área maior que o estudo anterior realizado pela MDGEO em 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072). Para os novos limites, foram considerados a Área Diretamente Afetada (ADA), os sistemas de drenagens/igarapés presente, e a compartimentação e divisão de sub-bacias na região.

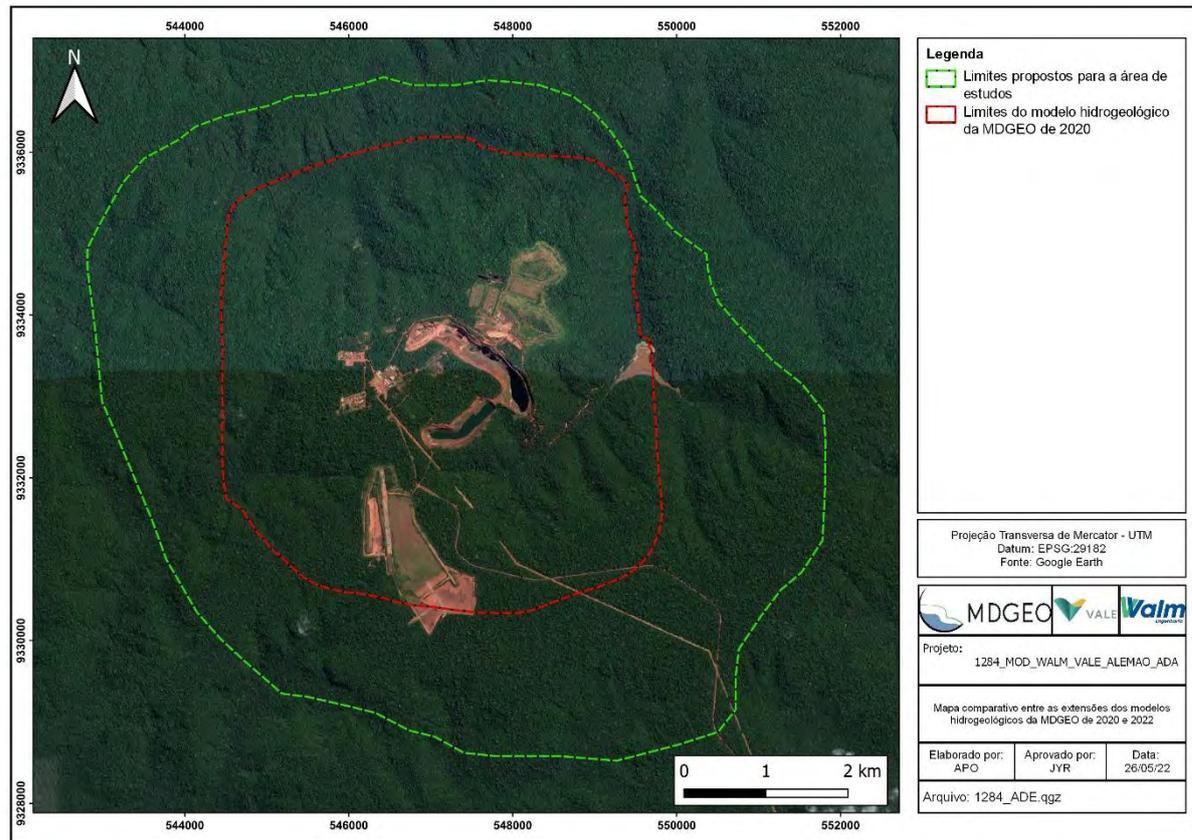


Figura 6.1: Mapa da área de estudos, mostrando a delimitação do modelo conceitual em comparação com o modelo da MDGEO de 2020.

6.2 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

As unidades hidrogeológicas aqui apresentadas são correlatas àquelas dispostas no item 4.4, onde se discutiu as unidades litoestratigráficas locais da área do Projeto Alemão. Elas foram definidas com base nos trabalhos da VOGBR de (Relatório técnico RL-9000IB-X-01326), VALE (Relatório interno Relatorio_Alemao_Geologia_e_Modelamento_2007), MDGEO (Relatórios técnicos RL-1000IB-X-01582 e RL-1000IB-X-90072) e DF+ (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047) sendo listadas da seguinte forma:

- Unidade hidrogeológica do Arenito Águas Claras;
- Unidade hidrogeológica do Metassedimento;
- Unidade hidrogeológica do Gabro;
- Unidade hidrogeológica do Chert;

- Unidade hidrogeológica da Metavulcanoclástica;
- Unidade hidrogeológica da Brecha Carbonática;
- Unidade hidrogeológica da Brecha Magnetítica;
- Unidade hidrogeológica da Brecha Clorítica;
- Unidade hidrogeológica de Baixa condutividade¹;
- Unidade hidrogeológica do Solo;
- Unidade hidrogeológica da Laterita ferruginosa;
- Unidade hidrogeológica do Alúvio;
- Unidade hidrogeológica do Colúvio;
- Unidade hidrogeológica do Tálus;
- Unidade hidrogeológica do Maciço da Barragem.

Ainda, são divididas de acordo com suas características genéticas, isto é, pelos seus respectivos tipos de porosidades (fissural ou granular), graus de alteração (saprolito, transicional ou rocha sã) e a natureza do aquífero no qual compõem (aquífero, aquíclode, aquífugo ou aquícardo).

Um aquífero pode ser definido como uma formação ou unidade geológica que contém uma quantidade significativa de água, onde essa se movimenta de forma natural e pode ser bombeada para uso doméstico, industrial ou no campo. O aquífero pode ser granular, fissural ou ambos, a depender do tipo de rocha e estruturas geológicas presentes. Enquanto que aquíferos granulares estão relacionados a rochas sedimentares e metassedimentares, os fissurais são em grande parte ligados a rochas cristalinas. Ele se constituirá em um caso duplo na presença de falhas e fraturas em litotipos sedimentares e metassedimentares. Além disso, os aquíferos podem ser livres ou confinados, de acordo com a presença e/ou permeabilidade das camadas sobrepostas e/ou sotopostas.

¹ Devido ao fato de o modelo geológico não contemplar a área mais ao sul da cava do Furo 30, foi necessário estabelecer uma unidade de baixa condutividade para essa região. A discretização geológica preliminar considerava o litotipo na zona do corpo mineralizado igual ao da porção fora dela.

Um aquífero ocorre quando um litotipo é semipermeável e é limitado logo acima ou abaixo por uma unidade de condutividade superior. Sobre os aquíferos, eles se definem como leitos que tem capacidade para armazenar água, mas que em condições naturais são incapazes de transmiti-la. E, por sua vez, se descreve como aquífero uma unidade hidrogeológica que é impossibilitada de tanto armazenar como transmitir água.

Na presente área, são identificáveis:

- Unidade aquífera granular;
- Unidade aquífera fraturada;
- Unidade aquífera semipermeável / aquífero;
- Unidade aquífera impermeável / aquífero.

6.2.1 Unidade aquífera granular

Se caracteriza pelo aquífero livre presente na zona. Ocupa as porções superiores do limite vertical do modelo, com espessuras variando em torno de 100m na região do platô e de 30m nas regiões mais marginais e próximas à futura barragem de rejeitos, sendo composta por todas as unidades hidrogeológicas descritas anteriormente (exceto o chert). Contempla as coberturas e toda a manta de intemperismo.

6.2.2 Unidade aquífera fraturada

É o aquífero semiconfinado, sotoposto ao granular. Comporta todas as unidades hidrogeológicas mencionadas acima (exceto o solo e a laterita ferruginosa). Corresponde à zona de transição (RSI) e caracteriza-se por valores mais elevados de condutividade.

6.2.3 Unidade aquífera semipermeável / aquífero

É unidade localizada logo abaixo do aquífero fraturado. Semelhantemente ao caso anterior, ela engloba todos os tipos hidrogeológicos apresentados com exceção

da laterita ferruginosa e do solo. Sua condutividade é baixa e é condicionada pelas falhas que atravessam as rochas sãs, culminando em um fluxo de água exclusivo por essas estruturas.

6.2.4 Unidade aquífera impermeável / aquífugo

Correspondente ao sistema que contém as rochas sãs desprovidas das grandes descontinuidades, em especial o dique de gabro, a unidade de baixa condutividade ao sul da mina do Igarapé Bahia, além da estrutura do maciço da barragem de captação. Seus valores de condutividade e armazenamento são baixíssimos.

6.3 PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

O trabalho realizado pela GOLDER em 2004 (Relatório técnico RT-029-5123-5110-0022-01-B) foi o primeiro a caracterizar as faixas das condutividades hidráulicas dos materiais presentes na área de estudos, seguido pelo estudo da MDGEO de 2011 (Relatório técnico RL-1000IB-X-01582) onde foi realizada a retroanálise desses valores por meio da modelagem numérica.

Uma atualização dos parâmetros hidrodinâmicos foi proposta pelo trabalho da MDGEO de 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072), onde foi realizada uma nova retroanálise dos valores obtidos pelo modelo de 2011. Foram também incluídas as unidades hidrogeológicas do Chert, Unidade de baixa condutividade (então denominada como Xisto¹) e fácies das brechas, além de uma diferenciação geomecânica entre as rochas sãs, a zona de transição (RSI) e a zona intemperizada.

O trabalho elaborado pela DF+ em 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047), no âmbito dos estudos para a implementação da futura barragem de rejeitos do Projeto Alemão, apresenta uma nova caracterização das condutividades hidráulicas dos litotipos presentes na região da fundação da estrutura e adjacências, cujos valores foram obtidos por meio de ensaios de infiltração e perda d'água. As faixas desses parâmetros são apresentadas respectivamente na Tabela 6.1 e Tabela 6.3 a seguir.

Tabela 6.1: Faixas de condutividade hidráulica obtidas por meio de ensaios de infiltração para as unidades hidrogeológicas presentes na área da fundação da futura barragem de rejeitos e adjacências. Modificado do trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047).

Unidade Geológico-geotécnica	K (cm/s)			K (m/dia)		
	mínimo	médio	máximo	mínimo	médio	máximo
Colúvio	7,96E-08	2,84E-04	6,64E-03	6,88E-05	2,45E-01	5,74E+00
Tálus	1,44E-07	4,76E-04	4,15E-03	1,24E-04	4,11E-01	3,59E+00
Solo Residual de Arenito	1,89E-04	4,81E-04	9,00E-04	1,63E-01	4,16E-01	7,78E-01
Saprólito de Arenito	7,29E-07	1,18E-03	1,45E-02	6,30E-04	1,02E+00	1,25E+01
Arenito	8,49E-06	6,93E-04	4,63E-03	7,34E-03	5,99E-01	4,00E+00
Solo Residual de Metavulcânicas	1,01E-05	2,12E-03	1,12E-02	8,73E-03	1,83E+00	9,68E+00
Saprólito de Metavulcânicas	8,53E-07	3,33E-04	4,64E-03	7,37E-04	2,88E-01	4,01E+00
Metavulcânicas	3,67E-03	3,67E-03	3,67E-03	3,17E+00	3,17E+00	3,17E+00
Solo Residual de Diabásio	3,80E-08	1,05E-03	5,36E-03	3,28E-05	9,07E-01	4,63E+00

Tabela 6.2: Faixas de condutividade hidráulica obtidas por meio de ensaios de perda d'água para as unidades hidrogeológicas presentes na área da fundação da futura barragem de rejeitos e adjacências. Modificado do trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047).

Unidade Geológico-geotécnica	K (cm/s)		K (m/dia)	
	médio	máximo	médio	máximo
Arenito	2,68E-04	2,18E-03	2,32E-01	1,88E+00
Metavulcanoclásticas	6,56E-05	3,05E-04	5,67E-02	2,64E-01
Gabro	4,09E-04	3,85E-03	3,53E-01	3,33E+00

Importante salientar que algumas das faixas obtidas, especialmente para as metavulcanoclásticas e para os gabros e que são litologias reconhecidamente de baixa permeabilidade, classificadas respectivamente como aquífero e aquífero, se devem ao fato de que esses ensaios representam uma permeabilidade de fraturas e falhas, superior aos das observadas nas próprias rochas em si, como descrito no trabalho da DF+ (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047).

Para o atual modelo numérico, devido às suas dimensões estendidas e objetivos diferentes em relação ao trabalho da MDGEO de 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072), foram realizadas simplificações nas divisões das unidades hidrogeológicas. O zoneamento das litologias adotado anteriormente (Zona Intemperizada, RSI e Rocha Sã) também foi modificado, sendo reclassificado segundo as classes de maciços RMR, apresentado pelo Modelo Geomecânico 3D para o Acampamento Sul produzido pela WALM (Relatório técnico RL-1000IB-X-90044). A listagem abaixo

mostra a divisão das classes de maciços proposta para o modelo e a Figura 6.2 ilustra a compartimentação vertical na região da cava Acampamento Sul.

- Maciços de classes V e IV: Saprolito;
- Maciços de classe III: Zona de transição;
- Maciços de classes II e I: Rocha Sã.

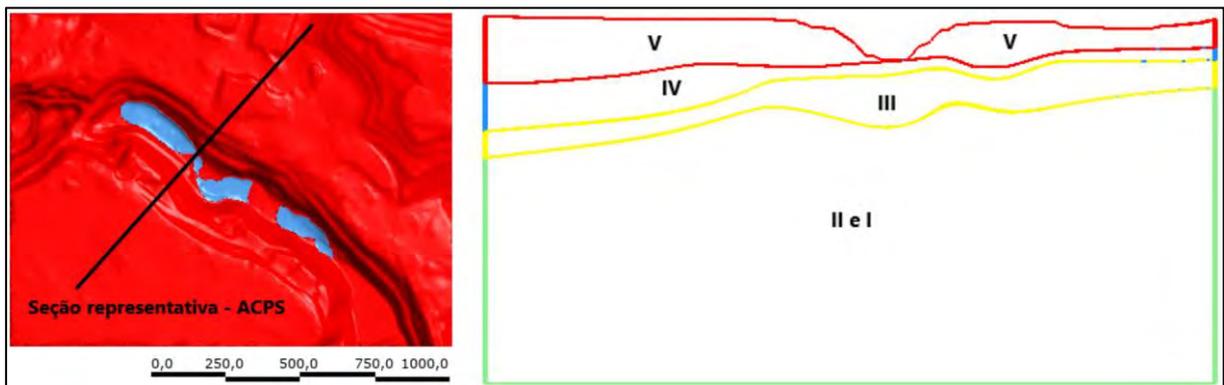


Figura 6.2: Seção esquemática das classes de maciços RMR na área do Acampamento Sul.

Dessa forma, as litologias descritas no modelo de 2020 na zona intemperizada foram aglutinadas em uma única unidade, denominada Saprolito. As brechas, antes divididas em fácies clorítica, magnetítica e carbonática, foram também unidas em um único litotipo, juntamente com o Chert, denominado de Brecha indivisa.

Adicionalmente, foram incorporados parâmetros para o maciço da barragem de captação, uma vez que a estrutura agora se encontra dentro dos limites do novo modelo.

A Tabela 6.3 e a Tabela 6.4 apresentam a compartimentação das unidades hidrogeológicas propostas para o novo modelo numérico, bem como os valores dos parâmetros de condutividade hidráulica e armazenamento.

Tabela 6.3: Faixas de condutividade hidráulica proposta para o novo modelo numérico, baseadas nos trabalhos da MDGEO de 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072) e da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047).

Propriedade	Unidades hidrogeológicas discretizadas – CLASSES V e IV	K (cm/s)			K (m/dia)		
		Kx	Ky	Kz	Kx	Ky	Kz
-	Saprolito	1,06E-03	1,06E-03	1,10E-04	9,12E-01	9,12E-01	9,49E-02
Propriedade	Unidades hidrogeológicas discretizadas – CLASSE III	K (cm/s)			K (m/dia)		
		Kx	Ky	Kz	Kx	Ky	Kz
MS	Metassedimento	3,96E-05	3,96E-05	4,49E-06	3,42E-02	3,42E-02	3,88E-03
AR	Arenito	5,37E-05	5,37E-05	6,59E-06	4,64E-02	4,64E-02	5,69E-03
GB	Gabro	1,16E-05	1,16E-05	1,10E-06	1,00E-02	1,00E-02	9,54E-04
-	Brecha indivisa	2,43E-05	2,43E-05	3,47E-06	2,10E-02	2,10E-02	3,00E-03
MVC	Metavulcanoclástica	3,50E-05	3,50E-05	4,63E-06	3,02E-02	3,02E-02	4,00E-03
XT	Unid. de baixa permeabilidade	1,71E-05	1,71E-05	2,12E-06	1,48E-02	1,48E-02	1,83E-03
Propriedade	Unidades hidrogeológicas discretizadas – CLASSES II e I	K (cm/s)			K (m/dia)		
		Kx	Ky	Kz	Kx	Ky	Kz
MS	Metassedimento	9,35E-06	9,35E-06	9,35E-06	8,08E-03	8,08E-03	8,08E-03
AR	Arenito	9,21E-06	9,21E-06	9,21E-06	7,96E-03	7,96E-03	7,96E-03
GB	Gabro	1,17E-06	1,17E-06	1,17E-06	1,01E-03	1,01E-03	1,01E-03
-	Brecha indivisa	3,47E-06	3,47E-06	3,47E-06	3,00E-03	3,00E-03	3,00E-03
MVC	Metavulcanoclástica	3,47E-06	3,47E-06	3,47E-07	3,00E-03	3,00E-03	3,00E-04
XT	Unid. de baixa permeabilidade	6,94E-06	6,94E-06	6,94E-06	6,00E-03	6,00E-03	6,00E-03
Propriedade	Unidades hidrogeológicas discretizadas - FALHAS	K (cm/s)			K (m/dia)		
		Kx	Ky	Kz	Kx	Ky	Kz
Falha	Açaí		1,16E-03			1,00000	
Falha	Bacaba		1,16E-03			1,00005	
Falha	Bragança		1,16E-03			1,00091	
Falha	Caeté		1,16E-03			1,00013	
Falha	Capim		1,16E-03			1,00048	
Falha	Guama		1,16E-03			1,00019	
Falha	Marabá		1,16E-03			1,00114	
Falha	Soure		1,16E-03			1,00108	
Falha	Vígia		1,16E-03			1,00044	
Propriedade	Unidades hidrogeológicas discretizadas - ESTRUTURAS	K (cm/s)			K (m/dia)		
		Kx	Ky	Kz	Kx	Ky	Kz
-	Cavas	2,31E-01	2,31E-01	2,31E-01	2,00E+02	2,00E+02	2,00E+02
-	Maciço barragem de captação	2,31E-05	2,31E-05	2,31E-06	2,00E-02	2,00E-02	2,00E-03

Tabela 6.4: Armazenamento específico (Ss) e *specific yield* (Sy) propostos para o novo modelo numérico, baseados no trabalho da MDGEO 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072).

Propriedade	Unidade	Ss (1/m)	Sy
-	Saprolito (Classes V e IV)	1,00E-03	0,0500
-	Zona de transição (Classe III)	1,00E-05	0,0100
MS	Metassedimento	2,00E-06	0,0020
AR	Arenito	2,00E-06	0,0020

Propriedade	Unidade	Ss (1/m)	Sy
GB	Gabro	1,00E-07	0,0001
BC	Brecha Carbonática	3,00E-06	0,0030
BM	Brecha Magnetítica	3,00E-06	0,0030
MVC	Metavulcanoclástica	3,00E-06	0,0030
BCL	Brecha Clorítica	3,00E-06	0,0030
XT	Unid. de baixa permeabilidade	1,00E-06	0,0010
-	Falhas	2,00E-05	-
-	Cavas	1,00E-07	0,0500
	Maciço barragem de captação	1,00E-05	0,0100

6.4 CONDIÇÕES DE RECARGA E DESCARGA

O processo de recarga se dá pela incidência direta das chuvas nos litotipos mais superficiais, onde estão localizados os aquíferos granulares e fissurais (seções compostas pelo Saprolito e a Zona de transição). Uma parte recai também sobre as drenagens e os lagos da barragem de captação do igarapé Bahia e nas cavas do Acampamento Norte, Acampamento Sul e do Furo 30.

O valor de toda a zona englobada pelo modelo foi estipulado inicialmente pelo trabalho da MDGEO de 2011 (Relatório técnico RL-1000IB-X-01582) e atualizada pelo trabalho anterior (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072). Para um regime permanente, o valor foi calculado em 219,38 mm/a ou 6,01E-04 m/dia, representado aproximadamente 11% do valor de precipitação para a área.

Entretanto, um dos pontos de questionamento apontados pelo ICMBio foi de que o modelo anterior não apresentava uma compartimentação das unidades de recarga, exemplificando o trabalho realizado pela GEOKLOCK em 2010 (Relatório técnico SP_P4888_R0256_2010). Dessa forma, baseando-se nessa premissa, o presente trabalho propõe a divisão das zonas de recarga como descritas na Tabela 6.5 a seguir.

Tabela 6.5: Valores de recarga propostos para os diferentes compartimentos na área de estudos, baseados nos trabalhos da GEOKLOCK de 2010 e da MDGEO de 2020 (Relatórios técnicos SP_P4888_R0256_2010 e RL-1000IB-X-90072).

Unidade	Recarga (mm/ano)
Geral	219,38
Antiga pista de pouso	58,00
Antiga Usina	58,00

Unidade	Recarga (mm/ano)
Pilhas de Estéril	58,00
Drenagens/Sub-bacias igarapés	154,00
Maciço da barragem de captação	25,00

Por outro lado, a descarga se dá essencialmente pelos sistemas de drenagens, desaguamento das cavas, barragem de captação e pela galeria do Alemão, sendo essa última responsável por um grande valor de vazão. Segundo informações da própria VALE, a galeria teria drenado a cava do Acampamento Norte e parte do Acampamento Sul após um furo de sonda ter interceptado a falha Capim, culminando em um extenso fluxo de água.

A distribuição espacial das zonas de recarga, discretizadas na área superficial do modelo, será apresentada do capítulo de Modelo Numérico.

6.5 CONDIÇÕES DE FLUXO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Com o fim de se representar de forma conceitual o fluxo de água subterrâneo contemplado pela área do modelo, foi confeccionado um mapa potenciométrico atualizado (Figura 6.3). Para tal, foram utilizadas as leituras dos instrumentos em outubro de 2010 e 2021, final do período seco dos respectivos anos e que possuem um registro bem completo da série de dados.

Como os dispositivos se concentram na porção mais central da zona, foi necessário incluir pontos correspondentes às nascentes inventariadas pelos trabalhos da GOLDER de 2004 e 2011 (Relatórios técnicos RT-029-5123-5110-0022-01-B e RT-019_089-515-2012_01-J) e pelo trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03062). Contudo, foi necessário corrigir as cotas de algumas das nascentes em acordo com a base topográfica levantada pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131). Também foram adicionados “pontos topográficos”, referentes às interseções das linhas topográficas com as drenagens, para se obter um resultado mais aprimorado para toda a zona no *software* de interpolação. A relação desses pontos está disposta na Tabela 6.6 a seguir.

Tabela 6.6: Relação de pontos utilizados para a confecção do mapa potenciométrico para a região de estudo.

Ponto	UTM N	UTM E	Cota do NA	Cota do NA corrigida	Data base
NAS1	9334292	546953	580	588	out/01
NAS2	9334849	546289	585	403	out/01
NAS3	9334786	546023	402	418	out/01
NAS6	9334545	546027	442	443	out/01
NAS9	9334413	545998	530	463	out/01
NAS10	9334849	546229	402	405	out/01
N-1	9334110	546007	549	550	set/08
N-2	9333971	545713	595	569	set/08
N-3	9334047	545532	583	585	set/08
N-4	9330624	546010	615	608	set/08
N-6	9334564	546402	478	458	set/08
N-7	9334559	546794	539	515	set/08
N-8	9334565	546983	577	568	set/08
N-9	9334420	546971	585	564	set/08
N-10	9332030	546158	621	613	set/08
N-11	9333358	545395	595	588	set/08
N-12	9333434	545109	619	600	set/08
N-13	9333371	545261	571	561	set/08
N-14	9332615	548001	524	510	set/08
N-15	9332535	548133	516	492	set/08
N-19	9334291	548647	589	588	set/08
N-20	9331531	548206	542	523	set/08
N-21	9331578	548251	544	513	set/08
N-22	9331646	548363	559	532	set/08
N-23	9331401	547816	587	564	set/08
N-24	9332117	547300	591	590	set/08
N-25	9329461	546933	597	584	set/08
N-26	9333451	549149	477	449	set/08
N-27	9333270	548620	491	468	set/08
N-28	9333988	545631	587	567	set/08
N-29	9334932	547502	573	564	set/08
N-30	9332661	547958	542	530	set/08
N-31	9331450	547750	584	558	set/08
N-32	9331916	548489	531	513	set/08
N-34	9334451	544952	605	588	set/08
N-35	9334507	544917	621	589	set/08
N-36	9334605	546036	436	423	set/08
N-37	9329366	550035	627	600	set/08
N-38	9328989	547551	528	521	set/08
N-39	9334489	543839	591	573	set/08

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Ponto	UTM N	UTM E	Cota do NA	Cota do NA corrigida	Data base
N-40	9333992	544120	622	605	set/08
N-41	9333938	544146	630	613	fev/10
N-42	9331903	548969	540	472	fev/10
N-43	9331898	548991	524	478	fev/10
N-44	9332531	549154	453	419	fev/10
N-45	9332790	549011	425	396	fev/10
N-46	9331128	550539	615	603	fev/10
N-47	9331376	550063	611	589	fev/10
N-48	9331691	550234	581	480	fev/10
N-49	9331417	549798	622	600	fev/10
N-50	9332220	550725	545	525	fev/10
N-51	9332255	550909	556	504	fev/10
N-52	9333363	552086	577	577	fev/10
N-53	9332509	551417	500	475	fev/10
N-54	9332678	551100	457	424	fev/10
N-55	9333143	551043	578	545	fev/10
N-56	9332182	552444	570	570	fev/10
N-57	9333542	552557	611	611	fev/10
N-DF-01	9331976	548240	496	475	set/21
N-DF-03	9332801	549145	417	417	set/21
N-DF-05	9331260	550416	600	564	set/21
N-DF-06	9331462	550293	572	534	set/21
N-DF-07	9331589	550169	552	530	set/21
N-DF-09	9333201	550310	430	428	set/21
INA-100	9334334	546880	598	-	out/10
INA-103	9334254	546589	562	-	out/10
INA-105	9334246	546680	529	-	out/10
INA-106	9334168	546537	549	-	out/10
INA-107	9334236	546537	536	-	out/10
INA-108	9334011	546487	548	-	out/10
INA-109	9334278	547036	547	-	out/10
INA-110	9333588	546597	582	-	out/10
INA-111	9333421	546559	579	-	out/10
INA-112	9333510	546534	591	-	out/10
INA-114	9334338	546964	508	-	out/10
INA-117	9333616	546486	647	-	out/10
INA-118	9334443	546908	554	-	out/10
INA-119	9333490	546610	655	-	out/10
INA-120	9333811	546227	632	-	out/10
INA-121	9333893	546271	549	-	out/10
INA-124	9334458	546818	480	-	out/10
INA-128	9334394	546869	496	-	out/10

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Ponto	UTM N	UTM E	Cota do NA	Cota do NA corrigida	Data base
INA-130	9334385	546594	490	-	out/10
INA-131	9334250	546831	459	-	out/10
INA-135	9333492	546794	583	-	out/10
INA-249	9333904	547078	534	-	out/10
PZ-05A	9333791	546743	487	-	out/10
PZ-05B	9333794	546745	526	-	out/10
PZ-05C	9333794	546741	572	-	out/10
INA-030	9333210	547538	660	-	out/10
INA-031	9333103	547338	671	-	out/10
INA-032	9333273	547238	668	-	out/10
INA-134	9333383	546849	542	-	out/10
INA-188	9333853	547207	573	-	out/10
INA-198	9333702	547472	578	-	out/10
INA-204	9333857	547276	578	-	out/10
INA-232	9333444	547976	570	-	out/10
INA-235	9333526	547915	573	-	out/10
INA-241	9333674	547778	575	-	out/10
INA-271	9333539	547272	582	-	out/10
INA-273	9333928	547467	578	-	out/10
INA-274	9333677	547780	589	-	out/10
INA-282	9333805	547757	579	-	out/10
INA-290	9333417	547561	576	-	out/10
PZ-06A	9333605	547132	579	-	out/10
PZ-06B	9333608	547130	581	-	out/10
PZ-06C	9333605	547129	584	-	out/10
PZ-12A	9333338	546890	602	-	out/10
PZ-12B	9333341	546887	596	-	out/10
PZ-13A	9333831	547321	578	-	out/10
PZ-13B	9333834	547322	579	-	out/10
PZ-13C	9333833	547320	581	-	out/10
PZ-13D	9333831	547320	584	-	out/10
MIBBIGPZ001	9333621	549702	381	-	out/10
MIBBIGPZ002	9333634	549705	380	-	out/10
MIBBIGPZ003	9333620	549661	385	-	out/10
MIBBIGPZ004	9333631	549663	379	-	out/10
MIBBIGPZ005	9333632	549664	378	-	out/10
MIBBIGPZ006	9333645	549666	378	-	out/10
MIBBIGPZ007	9333626	549632	382	-	out/10
MIBBIGPZ008	9333634	549633	378	-	out/10
MIBBIGPZ009	9333638	549634	378	-	out/10
MIBBIGPZ010	9333646	549645	378	-	out/10
MIBBIGPZ011	9333639	549605	379	-	out/10

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Ponto	UTM N	UTM E	Cota do NA	Cota do NA corrigida	Data base
MIBBIGPZ012	9333658	549602	379	-	out/10
MIBBIGPZ013	9333647	549636	377	-	out/10
INA-004	9331851	546271	654	-	out/10
INA-021	9333802	548653	625	-	out/10
INA-024	9333805	548623	632	-	out/10
BR-ALM-PZ-08	9333966	549496	376	-	out/21
BR-ALM-PZ-02	9333936	549686	388	-	out/21
BR-ALM-PZ-05	9334235	549521	369	-	out/21
BR-ALM-PZ-04	9334027	549568	372	-	out/21
BR-ALM-INA-01	9334057	549541	372	-	out/21
BR-ALM-PZ-01	9333768	549484	387	-	out/21
BR-ALM-PZ-06	9333850	549717	378	-	out/21
PONTO TOPOGRÁFICO 1	545021	9334415	577	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 2	545178	9335151	413	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 3	545493	9335554	379	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 4	546147	9335163	381	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 5	546647	9335839	408	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 6	548863	9335564	383	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 7	545316	9333346	564	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 8	545923	9332040	570	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 9	544802	9332071	427	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 10	548829	9334167	590	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 11	547363	9332052	573	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 12	548012	9332085	450	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 13	549006	9332817	395	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 14	549426	9329121	505	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 16	545726	9330062	480	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 15	543320	9334384	485	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 17	545728	9334126	550	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 19	546540	9334558	480	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 18	546274	9334772	445	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 21	548848	9332299	420	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 20	550238	9332935	390	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 22	549511	9334655	370	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 23	544227	9331758	415	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 24	543398	9330907	370	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 25	544454	9335739	475	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 26	547474	9337051	343	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 27	549923	9336381	364	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 28	551528	9334502	491	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 29	550885	9329700	624	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 30	548251	9328208	470	-	-

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

Ponto	UTM N	UTM E	Cota do NA	Cota do NA corrigida	Data base
PONTO TOPOGRÁFICO 31	547516	9327804	411	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 32	545906	9327341	363	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 33	548967	9333664	540	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 34	549501	9334346	370	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 34	549112	9329277	545	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 36	544990	9329905	488	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 37	545088	9329234	368	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 38	544962	9332777	498	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 39	543328	9334958	505	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 40	544841	9335956	453	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 41	546042	9335806	368	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 42	547273	9336073	385	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 43	548283	9335375	453	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 44	547735	9332068	490	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 45	542404	9333777	429	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 46	542557	9332889	512	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 47	550102	9332069	485	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 48	551037	9332610	437	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 49	550544	9335794	440	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 50	548463	9337876	317	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 51	543920	9337538	523	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 52	541915	9336076	520	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 53	551522	9329014	507	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 54	551800	9330303	595	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 55	550939	9335035	480	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 56	550364	9337177	360	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 57	551848	9328541	528	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 58	550450	9327930	523	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 59	544657	9328940	334	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 60	547279	9328353	433	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 61	543072	9337009	610	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 62	551873	9333657	510	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 63	547089	9332521	602	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 64	547399	9332554	602	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 65	547589	9332739	602	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 66	548089	9332995	566	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 67	548003	9333268	570	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 68	547750	9333474	585	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 69	547643	9333578	577	-	-
PONTO TOPOGRÁFICO 70	547710	9332878	599	-	-

A partir das informações de saída do programa, foi executado um ajuste manual das linhas geradas, com a finalidade de se eliminar divergências com a topografia e os limites do modelo. As isoietas que necessitaram ser construídas, devido às limitações do *software*, foram inferidas através da topografia e cursos d'água.

Como esperado, os fluxos de água exibem direções correlatas àquelas das drenagens, sendo o *trend* principal para N-NE. Há também dois cursos localizados; um, orientado para a cava Acampamento Norte e o outro, saindo dos entornos da Galeria do Alemão e das nascentes para NW. O platô, que se estende da porção central até a meridional, entre a pilha de estéreis e a pista de pouso, se caracteriza como um divisor de bacias locais, isto é, compartimentando os sentidos de transmissão das águas subterrâneas.

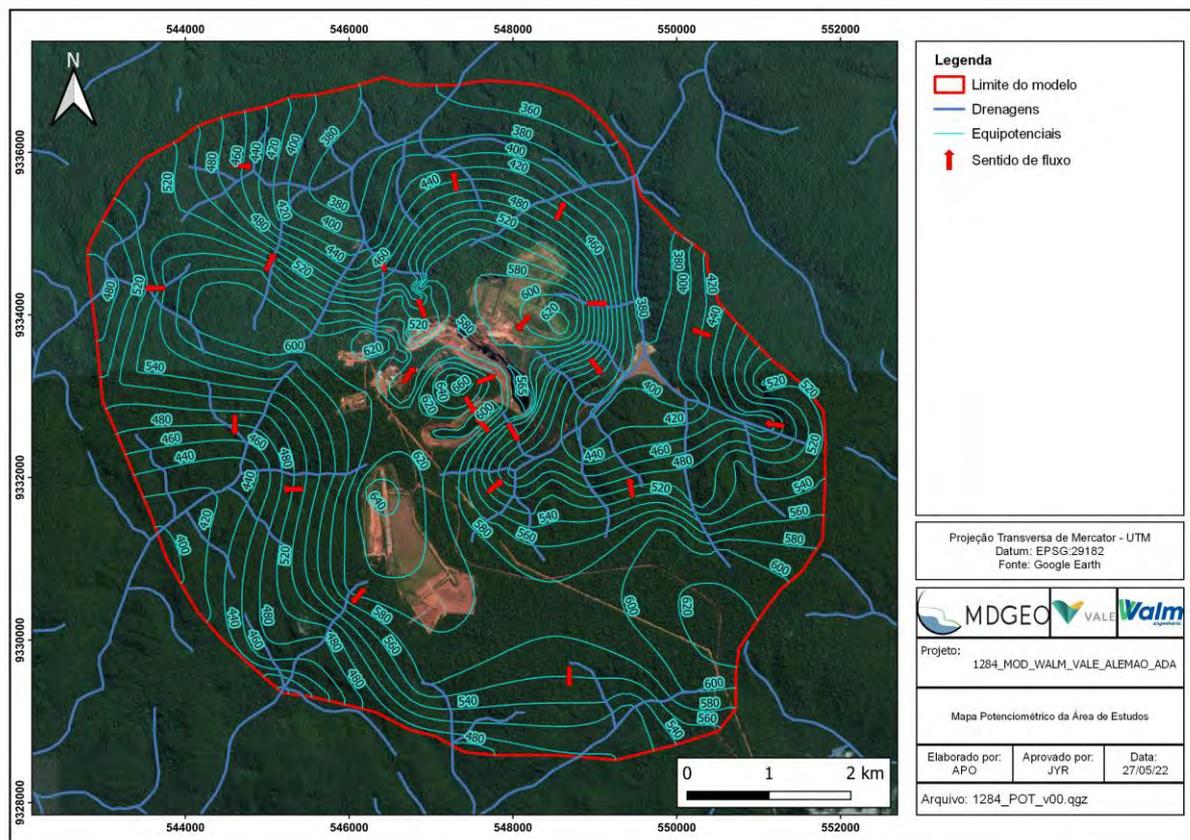


Figura 6.3: Mapa potiométrico da área de estudos.

 MDGEO		RELATÓRIO MDGEO Nº
		R_1284WALM_VALE_ALEMAO_MC_RF
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLOGICOS – PROJETO ALEMÃO		

7 PRÓXIMAS FASES

Abaixo estão descritas, em tópicos, as próximas fases que irão compor este projeto:

- Marco 4: Desenvolvimento do novo modelo numérico de fluxo de água subterrânea;
- Marco 5: Consolidação dos resultados e elaboração do relatório final.

		RELATÓRIO MDGEO Nº R_1284WALM_VALE_ALEMAO_MC_RF
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO		

8 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a compilação de dados referente ao monitoramento hidrológico e hidrogeológico da região da antiga mina do Igarapé Bahia, atual Projeto Alemão, e uma atualização no modelo hidrogeológico conceitual proposto para a área de estudos. Essas informações subsidiarão a construção de um novo modelo numérico estendido em relação ao trabalho realizado pela MDGEO em 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072), que visa atender à uma solicitação do ICMBio para considerar toda a ADA (Área diretamente afetada) pela operação de mina.

COMPILAÇÃO DE DADOS

Além de uma revisita à compilação do trabalho anterior, foi feita uma pesquisa em uma base de dados da antiga mina do Igarapé Bahia, disponibilizada pela Vale; um diagnóstico das informações levantadas pela empresa DF+ no âmbito do projeto de fundação da futura barragem de rejeitos da mina do Alemão; uma análise de dados mais recentes, também disponibilizados pela Vale; e inclusão dos dados de revisita de nascentes feita pela CLAM em 2022.

Quanto às informações recebidas, houve um acréscimo substancial na base de dados de nascentes compiladas, onde estão cadastradas 61 no total. Foram incluídos também os perfis construtivos de 98 instrumentos de monitoramento do nível d'água e dos 16 poços de bombeamento existentes na área de estudos. Sobre os dados de vazão, toda a série histórica do VT-03 foi inserida na compilação, além de leituras adicionais dos dispositivos VT-01 e VT-02, que se iniciam em setembro/2001. Ademais, foram inseridos às séries históricas os registros do poço ACP11, ainda em funcionamento; as leituras atualizadas de 29 piezômetros e INA's já existentes na área de estudos, além de 28 novos instrumentos à base de dados, implantados para o Projeto Alemão.

Esta nova compilação de dados atende a demanda do ICMBio de contemplar no modelo hidrogeológico as nascentes levantadas pelo trabalho da GOLDER de 2011 (Relatório técnico RT-019_089-515-2012_01-J) e o poço ACP11 que ainda se encontra em operação, no âmbito do licenciamento ambiental do Projeto Alemão. A adição de parte dos perfis construtivos de instrumentos também atende a um dos

		RELATÓRIO MDGEO Nº
		R_1284WALM_VALE_ALEMAO_MC_RF
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO		

pontos apontados pelo *peer review* da HATCH de 2021 (Memorando técnico RL-1000IB-U-90035).

MODELO CONCEITUAL

Para este novo projeto, foi realizada uma revisão e atualização do modelo hidrogeológico conceitual, que subsidiará o modelo numérico. A partir dos novos dados de nascentes compilados e dos instrumentos de monitoramento de nível d'água próximo à futura barragem de rejeitos, tanto de trabalhos pretéritos quanto de mais recentes, foi possível construir um novo mapa potenciométrico para a área de estudos.

Não houve uma grande atualização de um modelo geológico proposto para toda a área de estudos, onde se verifica inclusive que o modelo proposto pelo trabalho da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047) apresenta litologias já levantadas anteriormente na região estudada e apenas adiciona fácies sedimentares das coberturas à base de dados.

As unidades hidrogeológicas aqui propostas para o novo modelo foram alteradas em comparação ao trabalho anterior da MDGEO de 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072). As zonas de alteração (Zona intemperizada, RSI e Rocha Sã) foram redesignadas como maciços de classes V e IV (Saprolito), maciços de classe III (zona de transição) e maciços de classes II e I (Rocha Sã), onde a unidade “Saprolito” aglutina todas as litologias que estavam presentes na antiga zona intemperizada. Além disso, as fácies das brechas foram concentradas em um único litotipo, denominado como “Brecha indivisa”, onde estão presentes as diferentes fácies de brechas e o Chert, dispostas nas classes de maciços III, II e I. Houve também uma atualização da nomenclatura da unidade “Xisto” para “Unidade de baixa permeabilidade”, visto que se trata de uma litologia não contemplada no modelo geológico da mina do Igarapé Bahia, onde a retroanálise da calibração do modelo de 2020 verificou a necessidade de uma zona com característica de baixa permeabilidade ao sul das cavas.

Mesmo com a atualização dos registros de pluviometria, não houve uma modificação na porcentagem de recarga geral para a área, uma vez que o valor de 219,38 mm/a calculado para o regime permanente corresponde ao mesmo percentual aproximado de 11%, considerando uma precipitação de 1927 mm incidente sobre a

 MDGEO		RELATÓRIO MDGEO Nº
		R_1284WALM_VALE_ALEMAO_MC_RF
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO		

região. Ainda sobre a recarga do modelo e visando atender ao questionamento do ICMBio, este trabalho propôs uma nova divisão do zoneamento das recargas baseando-se nas divisões apresentadas pelo trabalho da GEOKLOCK de 2010 (Relatório técnico SP_P4888_R0256_2010).

ANEXOS

ANEXO I - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

ANEXO II – GRÁFICOS DE MONITORAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA DE INSTRUMENTOS ANTIGOS

SUMÁRIO

II.1	INSTRUMENTOS LOCALIZADOS NO SEGMENTO ACAMPAMENTO NORTE.....	101
II.2	INSTRUMENTOS LOCALIZADOS NO SEGMENTO ACAMPAMENTO SUL	107
II.3	INSTRUMENTOS LOCALIZADOS NO SEGMENTO FURO 30	114
II.4	INSTRUMENTOS LOCALIZADOS NO SEGMENTO PILHAS DE ESTÉRIL.....	118

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Série histórica dos instrumentos INA-123, INA-128, INA-129, INA-130, INA-131, INA-135, INA-138, INA-139, INA-142, INA-143 e INA-146 localizados no segmento Acampamento Norte.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 2: Série histórica dos instrumentos INA-111, INA-112, INA-114, INA-116, INA-117, INA-118, INA-119, INA-120 e INA-121 localizados no segmento Acampamento Norte.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 3: Série histórica dos instrumentos INA-078, INA-099, INA-100, INA-101, INA-103, INA-105, INA-106, INA-107, INA-108, INA-109 e INA-110 localizados no segmento Acampamento Norte.</i>	<i>103</i>
<i>Figura 4: Série histórica dos instrumentos INA-088, INA-089, INA-090, INA-091, INA-092, INA-093, INA-094, INA-095, INA-097 e INA-098 localizados no segmento Acampamento Norte.</i>	<i>104</i>
<i>Figura 5: Série histórica dos instrumentos INA-076, INA-077, INA-080, INA-081, INA-082, INA-083, INA-084, INA-085, INA-087 e INA-087 localizados no segmento Acampamento Norte.</i>	<i>105</i>
<i>Figura 6: Série histórica dos instrumentos PZ01AN01, PZ02AN01 e PZ03AN01 localizados no segmento Acampamento Norte.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 7: Série histórica dos instrumentos SGMNA04, SGMNA05, SGMNA08 e SGMNA10 localizados no segmento Acampamento Sul.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 8: Série histórica dos instrumentos PZ01AP03, PZ02AP03, PZ03AP05 e PZ01AP06 localizados no segmento Acampamento Sul.</i>	<i>108</i>
<i>Figura 9: Série histórica dos instrumentos PZ01AP02, PZ02AP02, PZ03AP02, PZ04AP02 e PZ05AP02 localizados no segmento Acampamento Sul.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 10: Série histórica dos instrumentos MNA-01, MNA-332, MNA-336A, MNA-336B, MNA-337 e MNA-338 localizados no segmento Acampamento Sul.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 11: Série histórica dos instrumentos PZ01AP01, PZ02AP01, PZ03AP01, PZ04AP01 e PZ05AP01 localizados no segmento Acampamento Sul.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 12: Série histórica dos instrumentos INA-030, INA-031, INA-032, INA-035, INA-036 e INA-037 localizados no segmento Acampamento Sul.</i>	<i>112</i>
<i>Figura 13: Série histórica dos instrumentos INA-134 e INA-136 localizados no segmento Acampamento Sul.</i>	<i>113</i>
<i>Figura 14: Série histórica dos instrumentos PZ01FP02, PZ03FP02, PZ01FP03 e PZ03FP03 localizados no segmento Furo 30.</i>	<i>114</i>
<i>Figura 15: Série histórica dos instrumentos SGMNA01, SGMNA02, SGMNA11, SGMNA18 e SGMNA19 localizados no segmento Furo 30.</i>	<i>115</i>
<i>Figura 16: Série histórica dos instrumentos PZ01FP01, PZ02FP01, PZ03FP01 e PZ06FP01 localizados no segmento Furo 30</i>	<i>116</i>
<i>Figura 17: Série histórica dos instrumentos MNA-330, MNA-331 e MNA-333 localizados no segmento Furo 30.</i>	<i>117</i>
<i>Figura 18: Série histórica dos instrumentos INA-001, INA-002, INA-004, INA-005 e INA-011 localizados no segmento pilhas de estéril.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 19: Série histórica dos instrumentos INA-013, INA-014, INA-015, INA-016 e INA-017 localizados no segmento pilhas de estéril.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 20: Série histórica dos instrumentos INA-018, INA-020, INA-021, INA-023 e INA-024 localizados no segmento pilhas de estéril.....</i>	<i>120</i>

ANEXO II – GRÁFICOS DE MONITORAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA DE INSTRUMENTOS ANTIGOS

II.1 INSTRUMENTOS LOCALIZADOS NO SEGMENTO ACAMPAMENTO NORTE

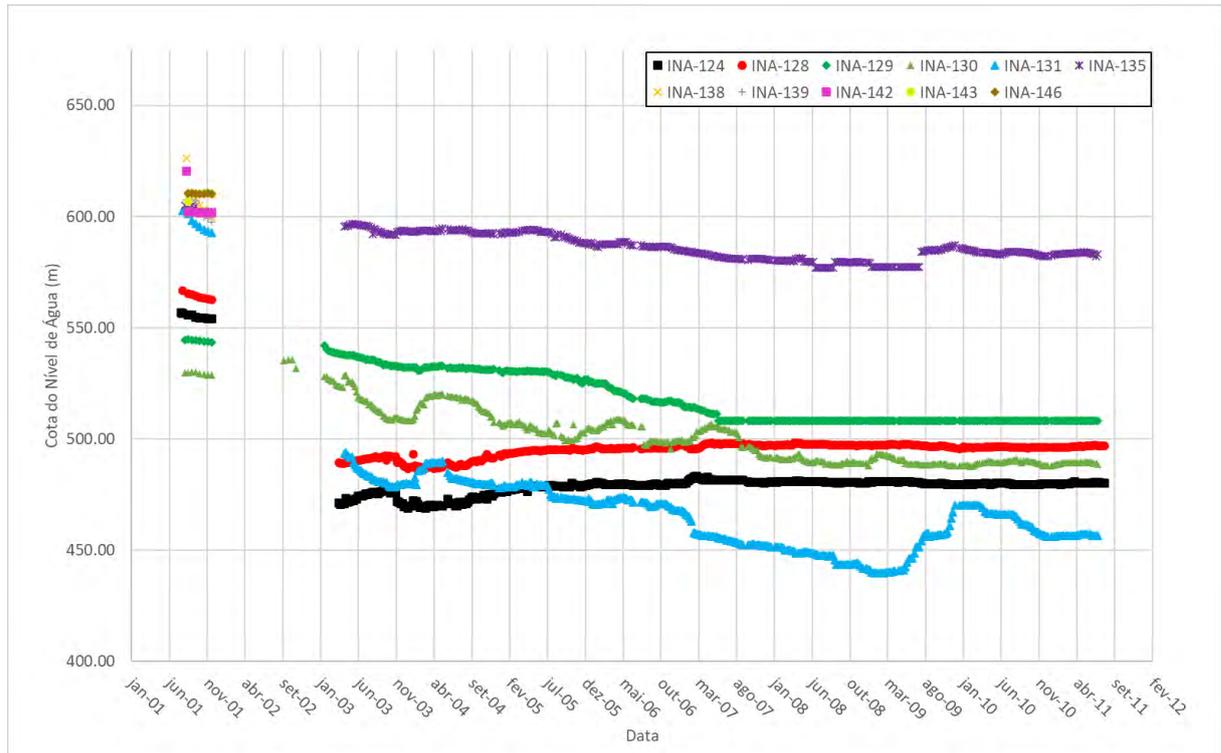


Figura 1: Série histórica dos instrumentos INA-123, INA-128, INA-129, INA-130, INA-131, INA-135, INA-138, INA-139, INA-142, INA-143 e INA-146 localizados no segmento Acampamento Norte.

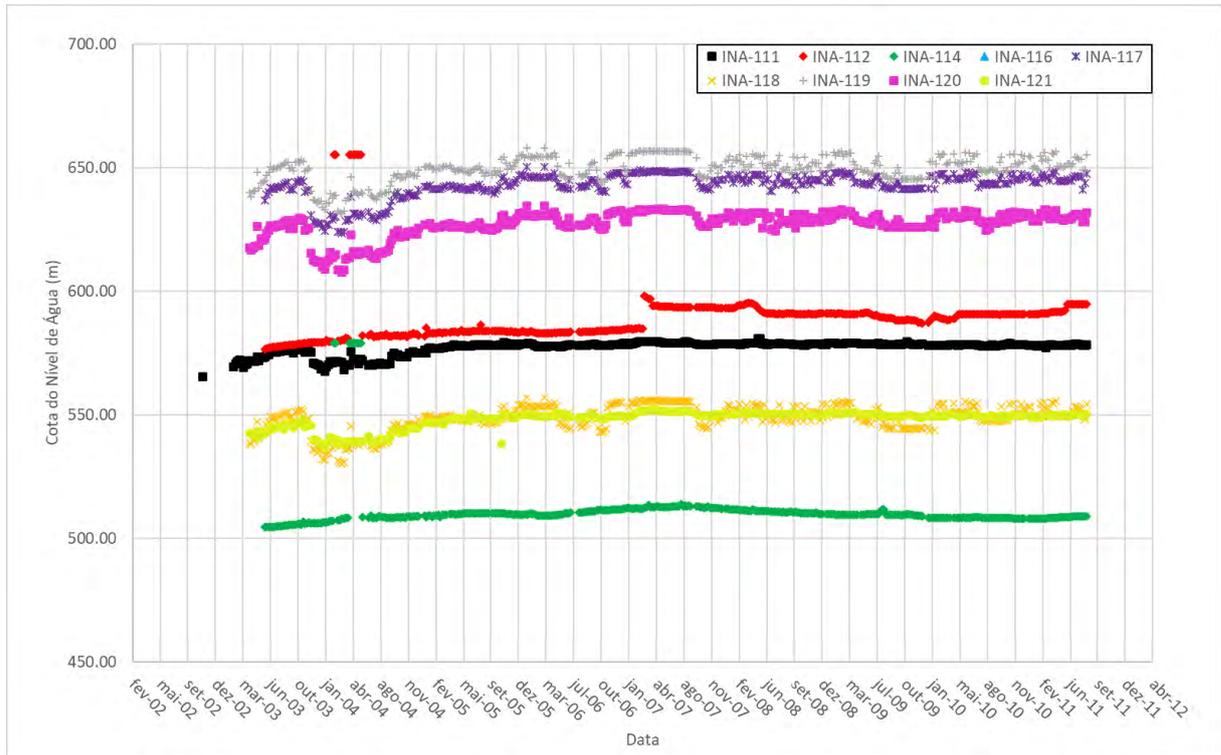


Figura 2: Série histórica dos instrumentos INA-111, INA-112, INA-114, INA-116, INA-117, INA-118, INA-119, INA-120 e INA-121 localizados no segmento Acampamento Norte.

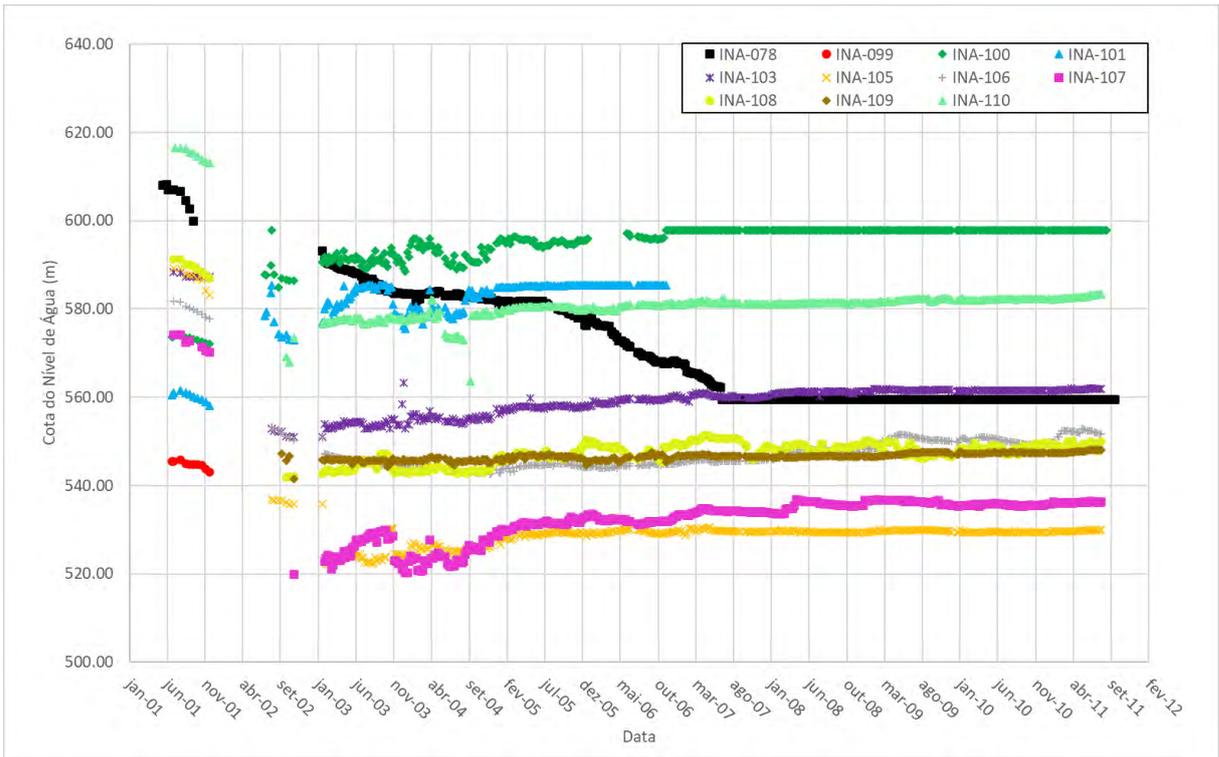


Figura 3: Série histórica dos instrumentos INA-078, INA-099, INA-100, INA-101, INA-103, INA-105, INA-106, INA-107, INA-108, INA-109 e INA-110 localizados no segmento Acampamento Norte.

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

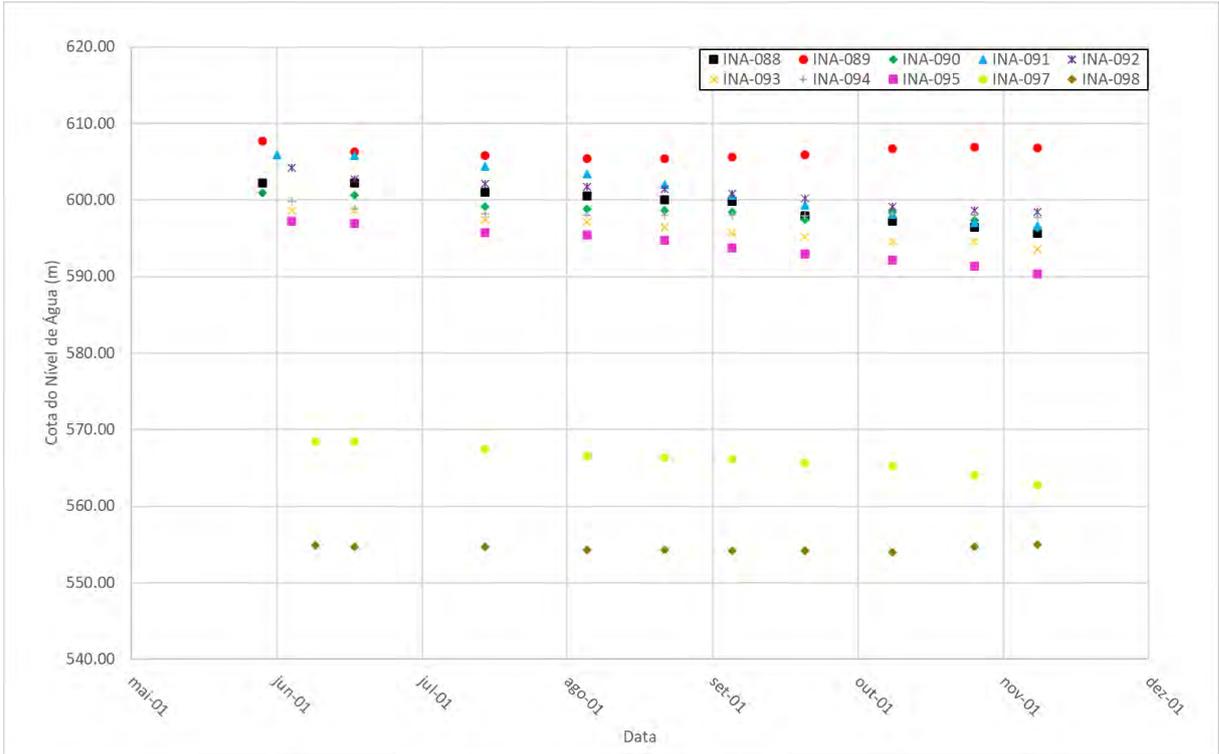


Figura 4: Série histórica dos instrumentos INA-088, INA-089, INA-090, INA-091, INA-092, INA-093, INA-094, INA-095, INA-097 e INA-098 localizados no segmento Acampamento Norte.

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

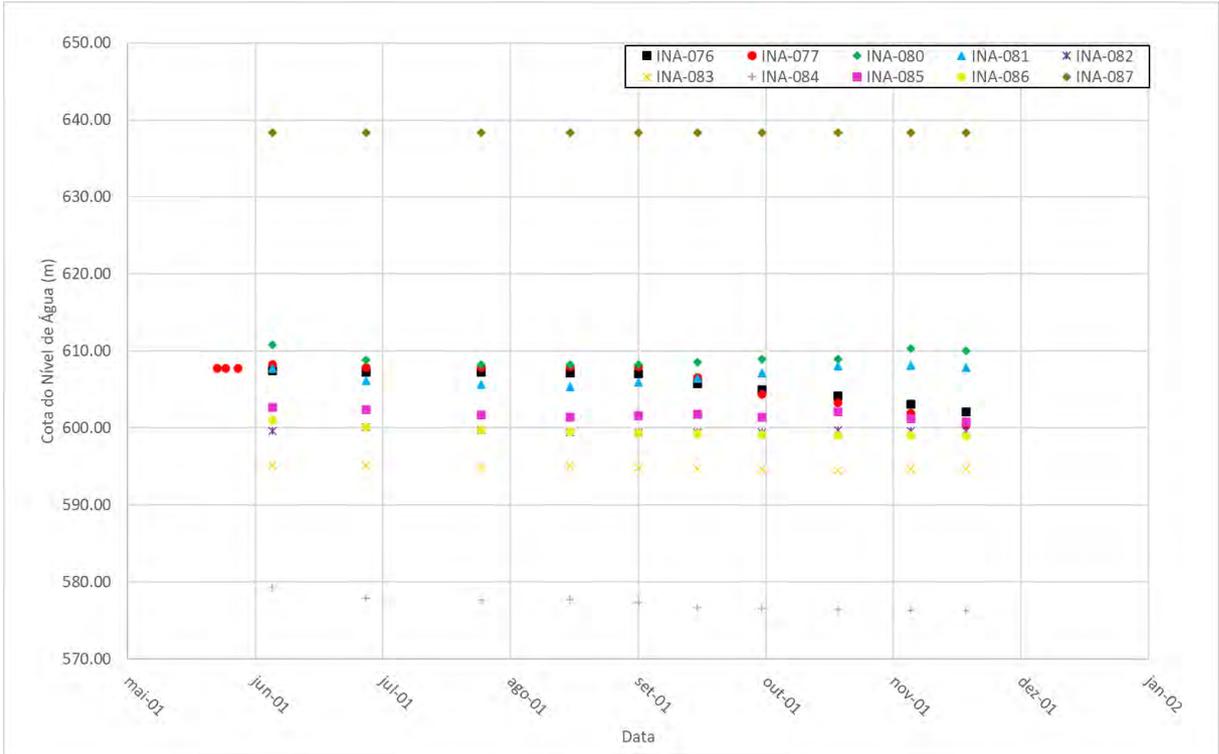


Figura 5: Série histórica dos instrumentos INA-076, INA-077, INA-080, INA-081, INA-082, INA-083, INA-084, INA-085, INA-087 e INA-087 localizados no segmento Acampamento Norte.

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

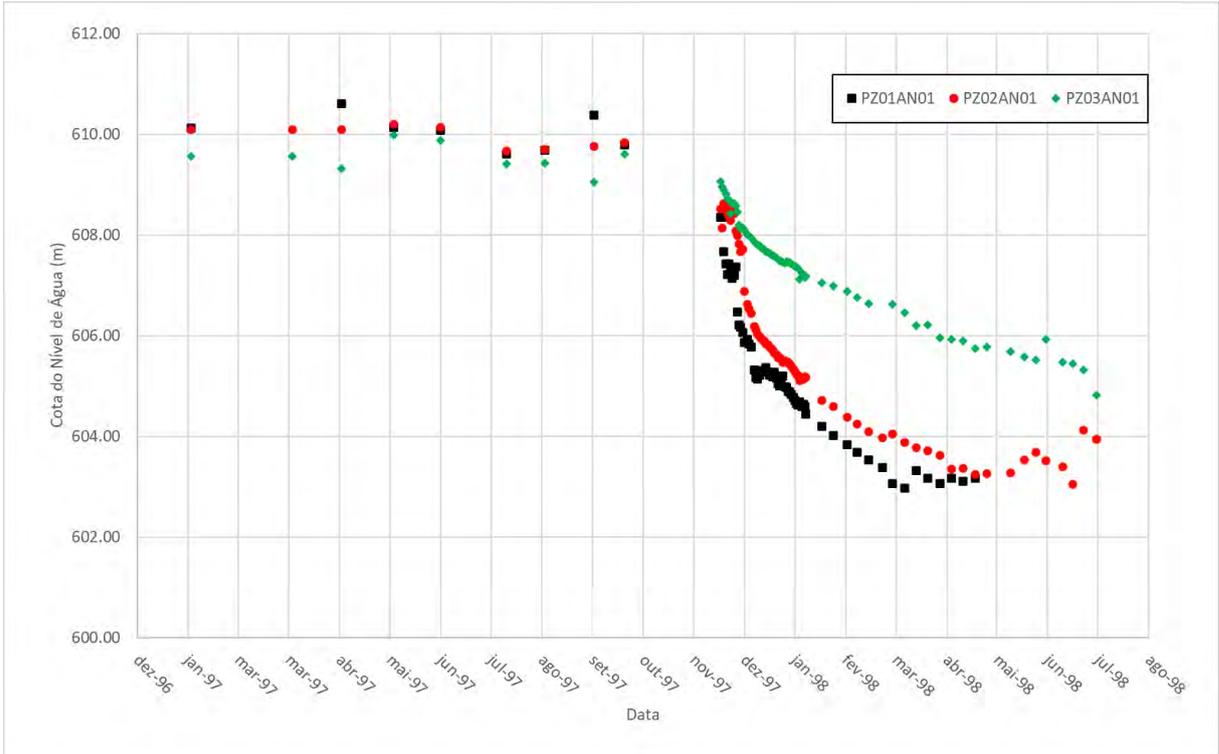


Figura 6: Série histórica dos instrumentos PZ01AN01, PZ02AN01 e PZ03AN01 localizados no segmento Acampamento Norte.

II.2 INSTRUMENTOS LOCALIZADOS NO SEGMENTO ACAMPAMENTO SUL

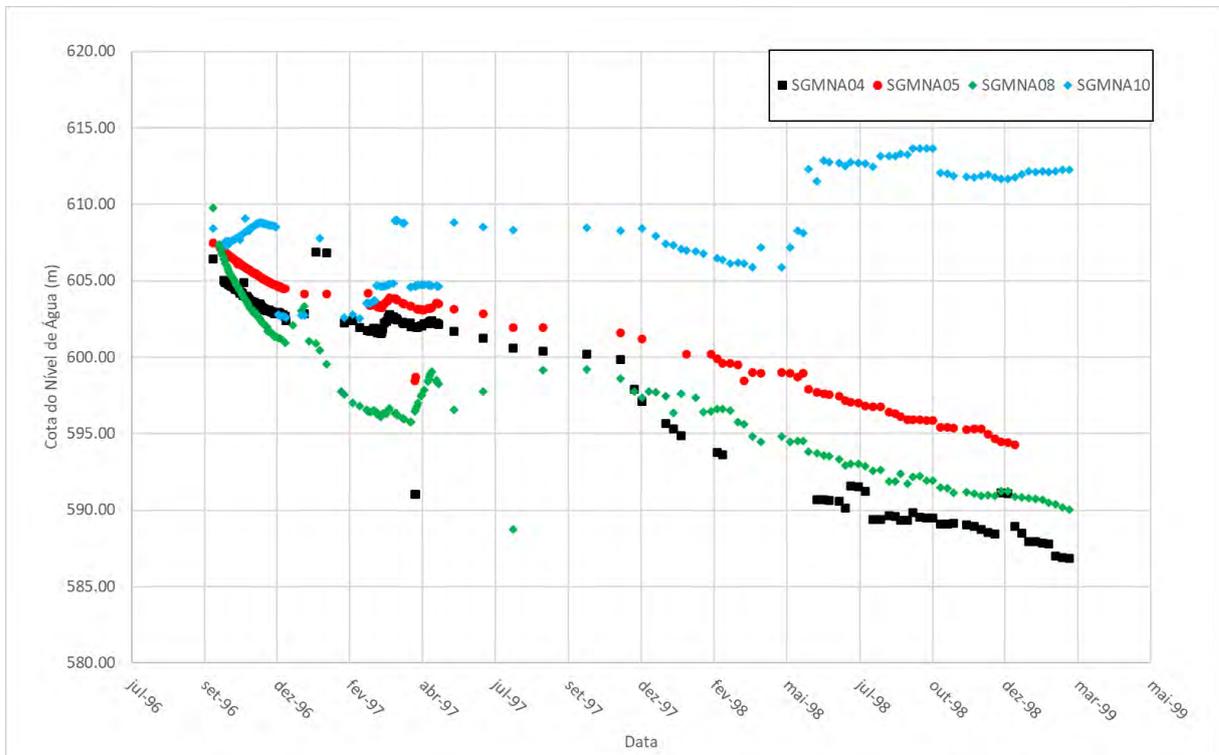


Figura 7: Série histórica dos instrumentos SGMNA04, SGMNA05, SGMNA08 e SGMNA10 localizados no segmento Acampamento Sul.

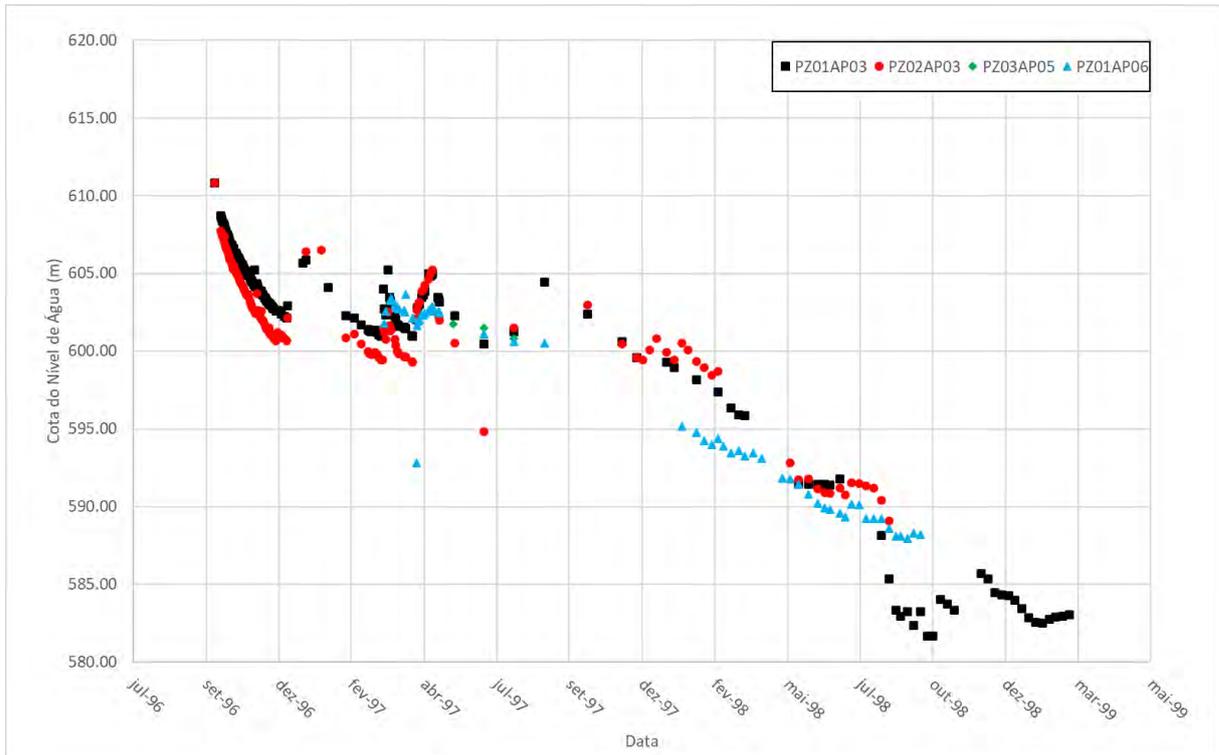


Figura 8: Série histórica dos instrumentos PZ01AP03, PZ02AP03, PZ03AP05 e PZ01AP06 localizados no segmento Acampamento Sul.

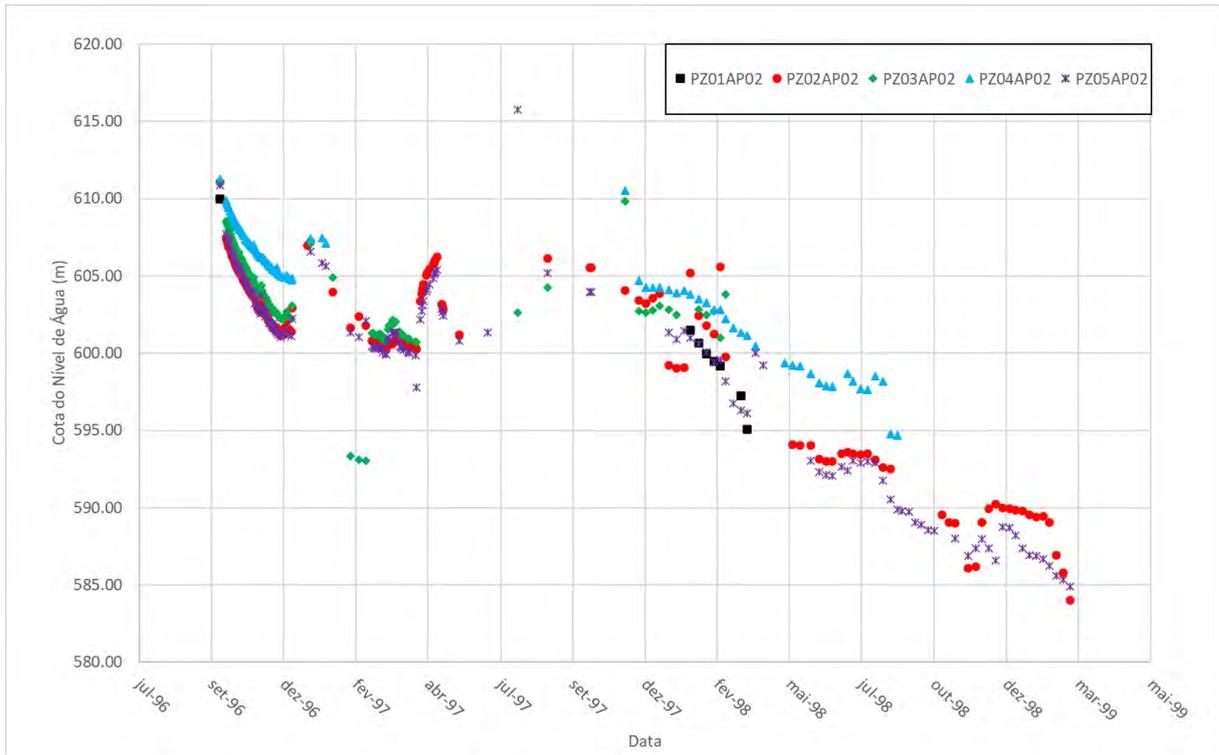


Figura 9: Série histórica dos instrumentos PZ01AP02, PZ02AP02, PZ03AP02, PZ04AP02 e PZ05AP02 localizados no segmento Acampamento Sul.

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

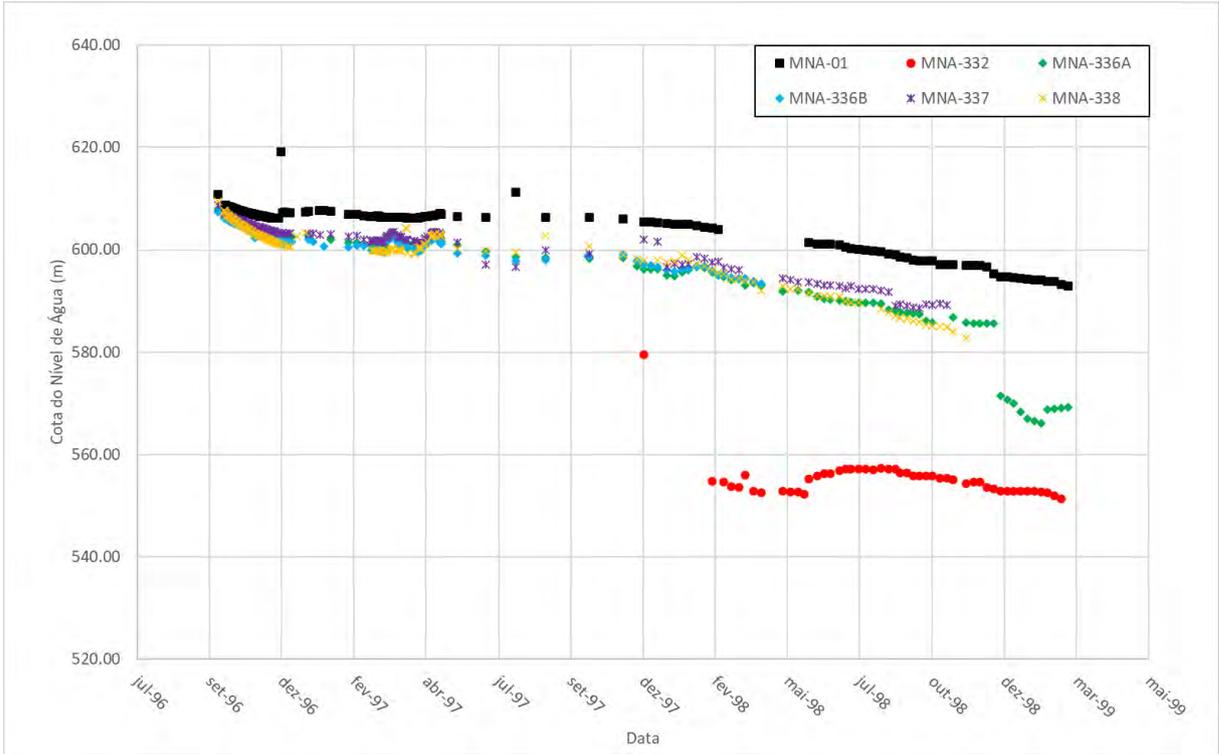


Figura 10: Série histórica dos instrumentos MNA-01, MNA-332, MNA-336A, MNA-336B, MNA-337 e MNA-338 localizados no segmento Acampamento Sul.

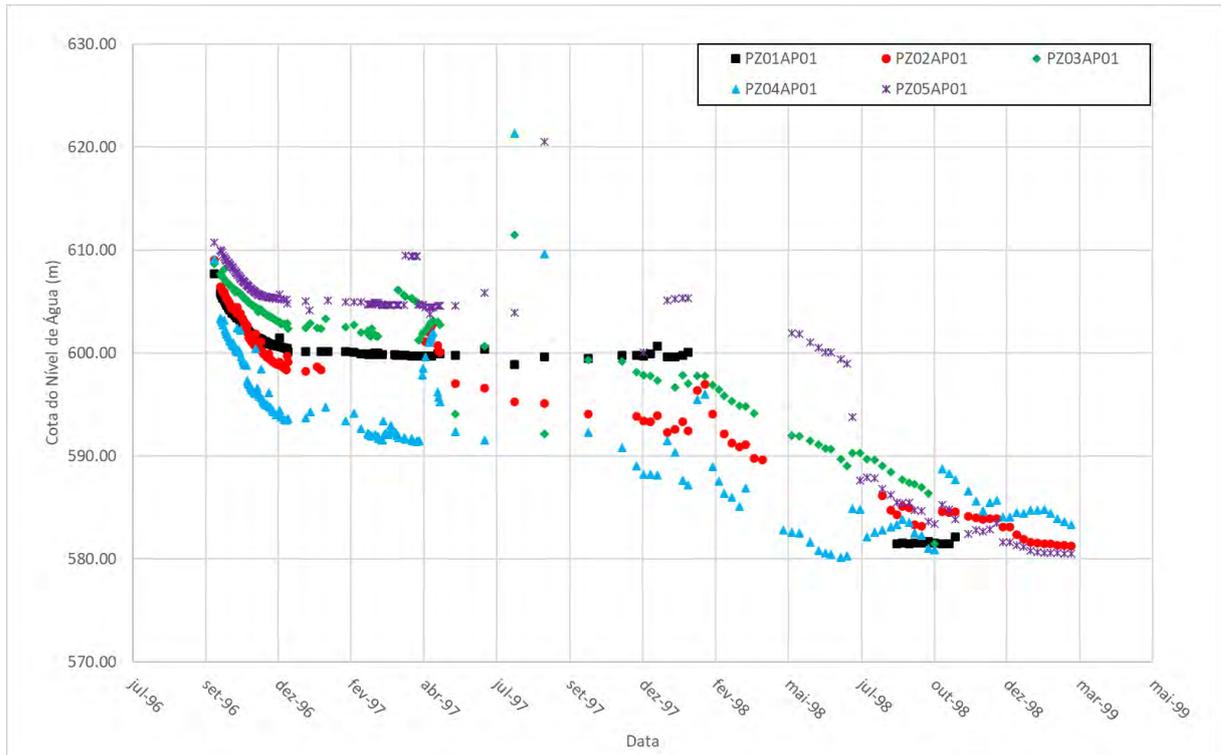


Figura 11: Série histórica dos instrumentos PZ01AP01, PZ02AP01, PZ03AP01, PZ04AP01 e PZ05AP01 localizados no segmento Acampamento Sul.

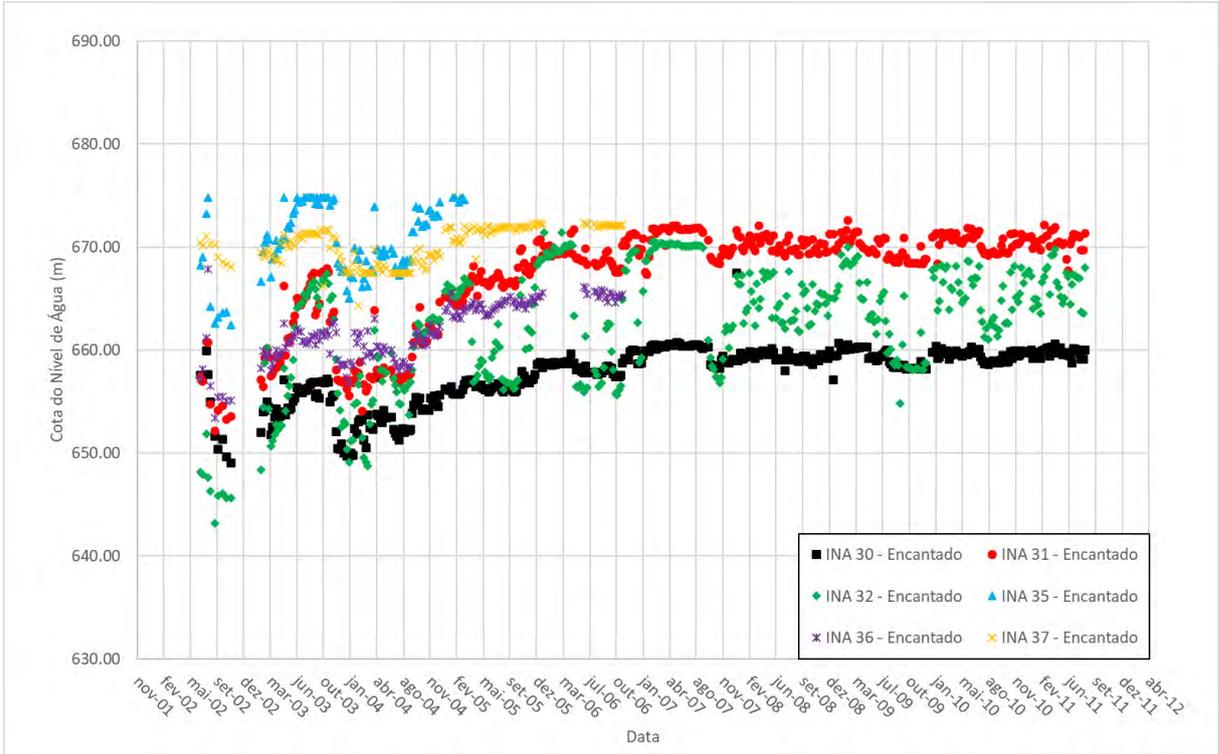


Figura 12: Série histórica dos instrumentos INA-030, INA-031, INA-032, INA-035, INA-036 e INA-037 localizados no segmento Acampamento Sul.

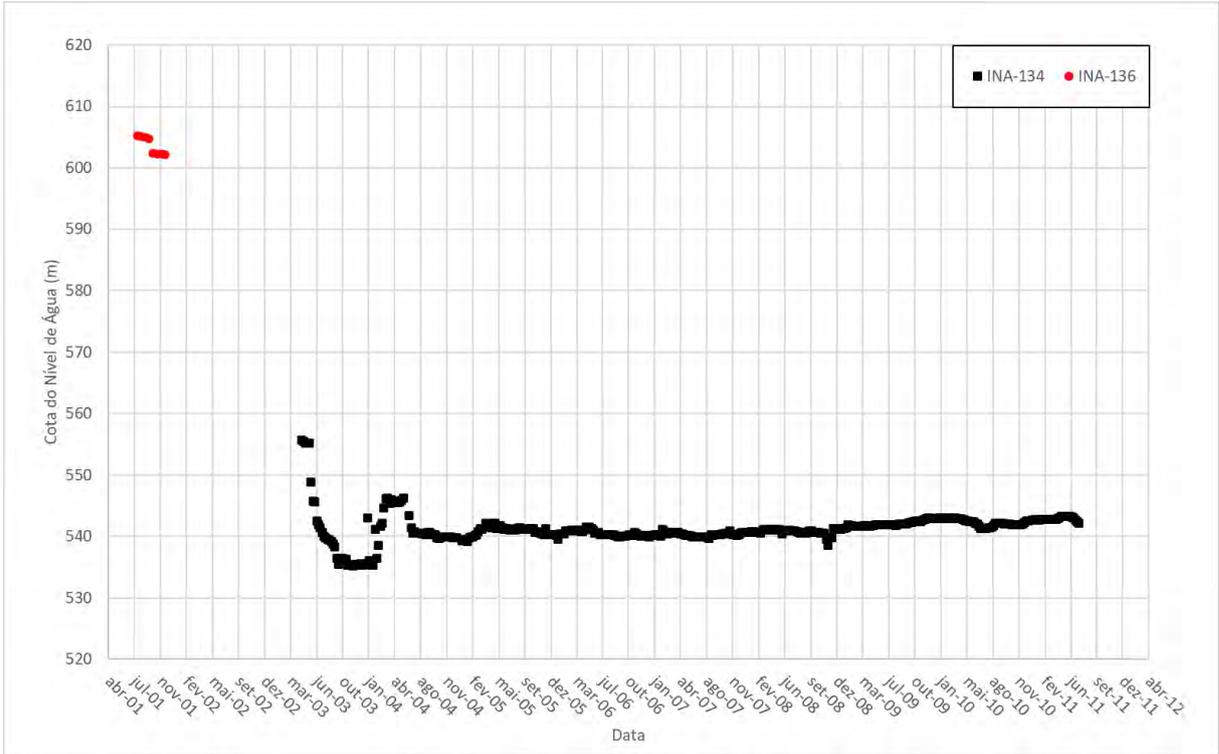


Figura 13: Série histórica dos instrumentos INA-134 e INA-136 localizados no segmento Acampamento Sul.

II.3 INSTRUMENTOS LOCALIZADOS NO SEGMENTO FURO 30

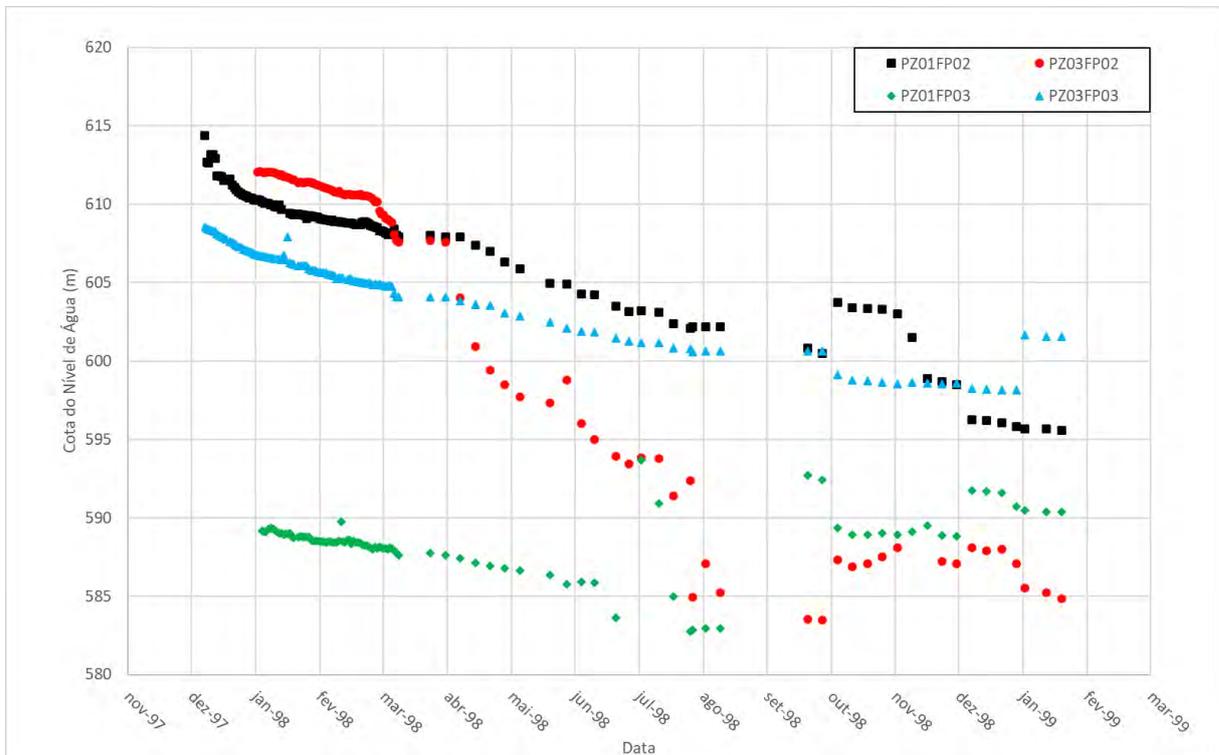


Figura 14: Série histórica dos instrumentos PZ01FP02, PZ03FP02, PZ01FP03 e PZ03FP03 localizados no segmento Furo 30.

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

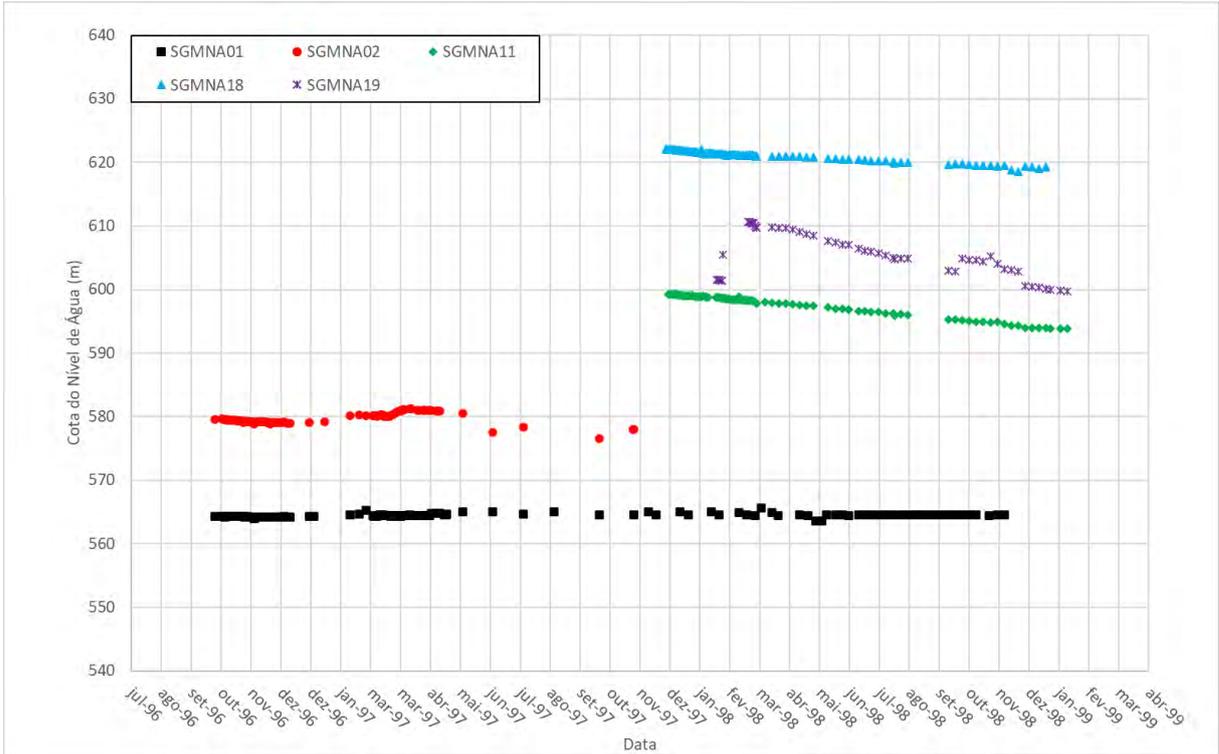


Figura 15: Série histórica dos instrumentos SGMNA01, SGMNA02, SGMNA11, SGMNA18 e SGMNA19 localizados no segmento Furo 30.

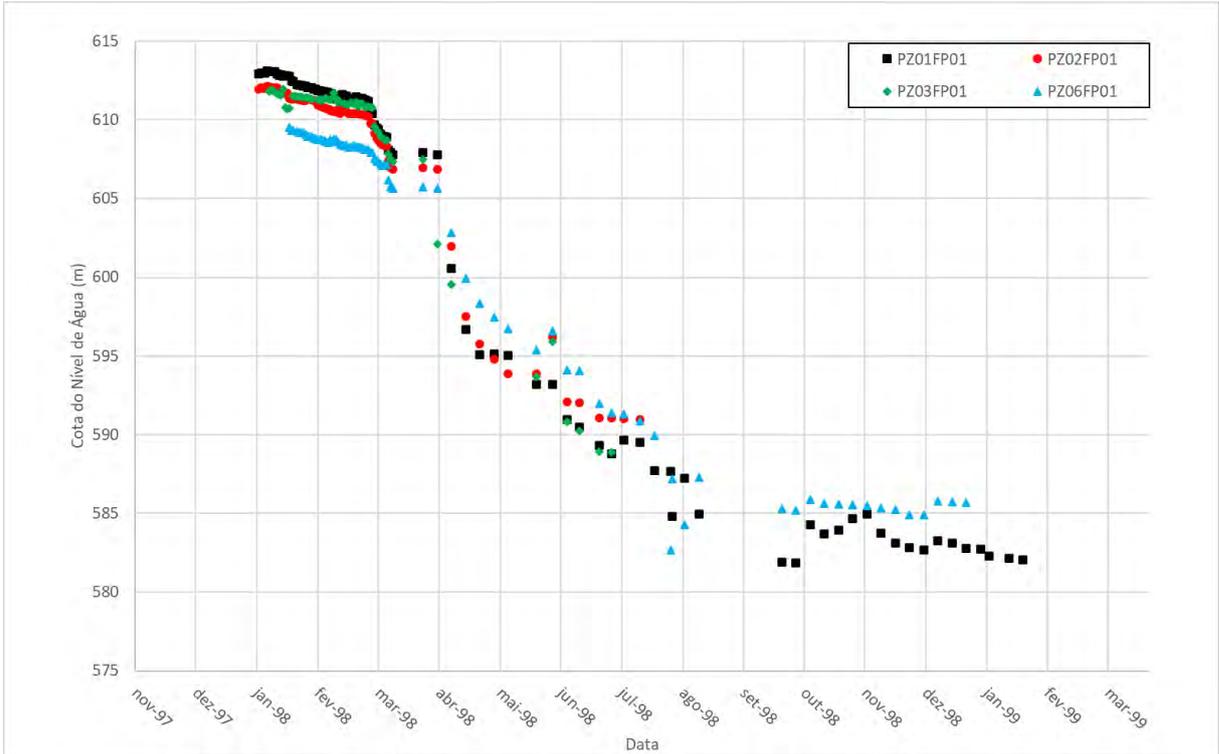


Figura 16: Série histórica dos instrumentos PZ01FP01, PZ02FP01, PZ03FP01 e PZ06FP01 localizados no segmento Furo 30

RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

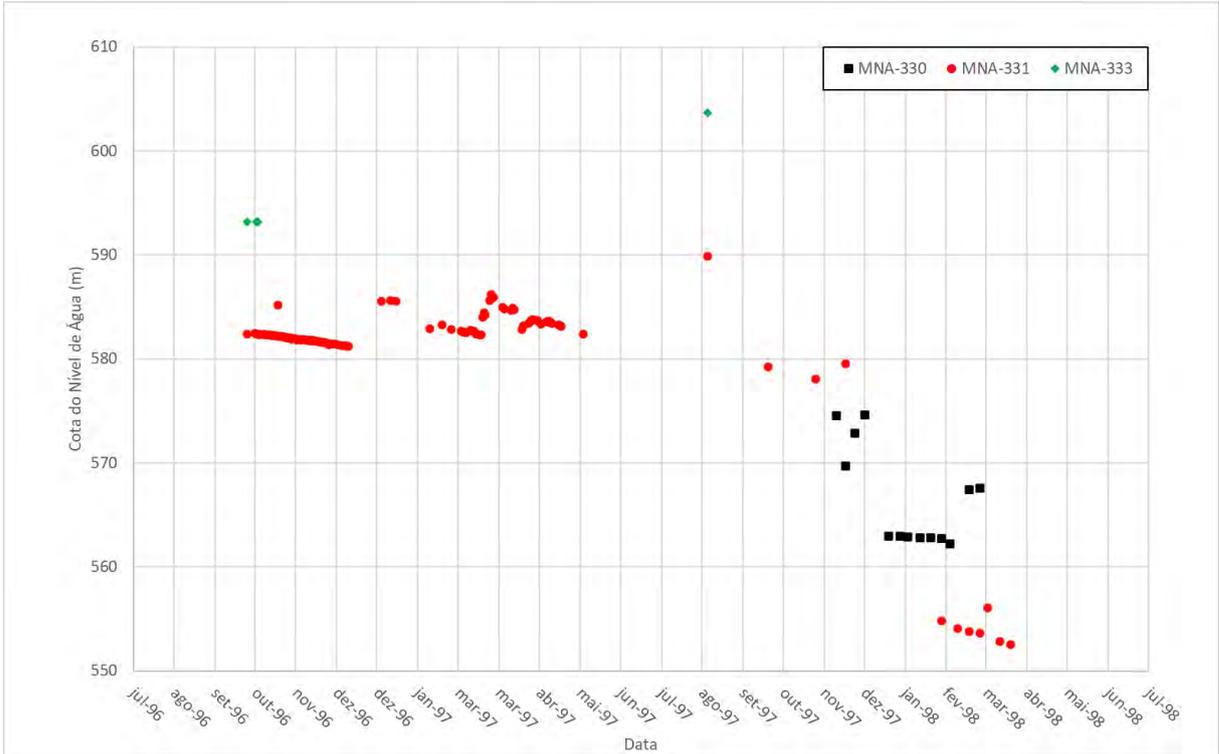
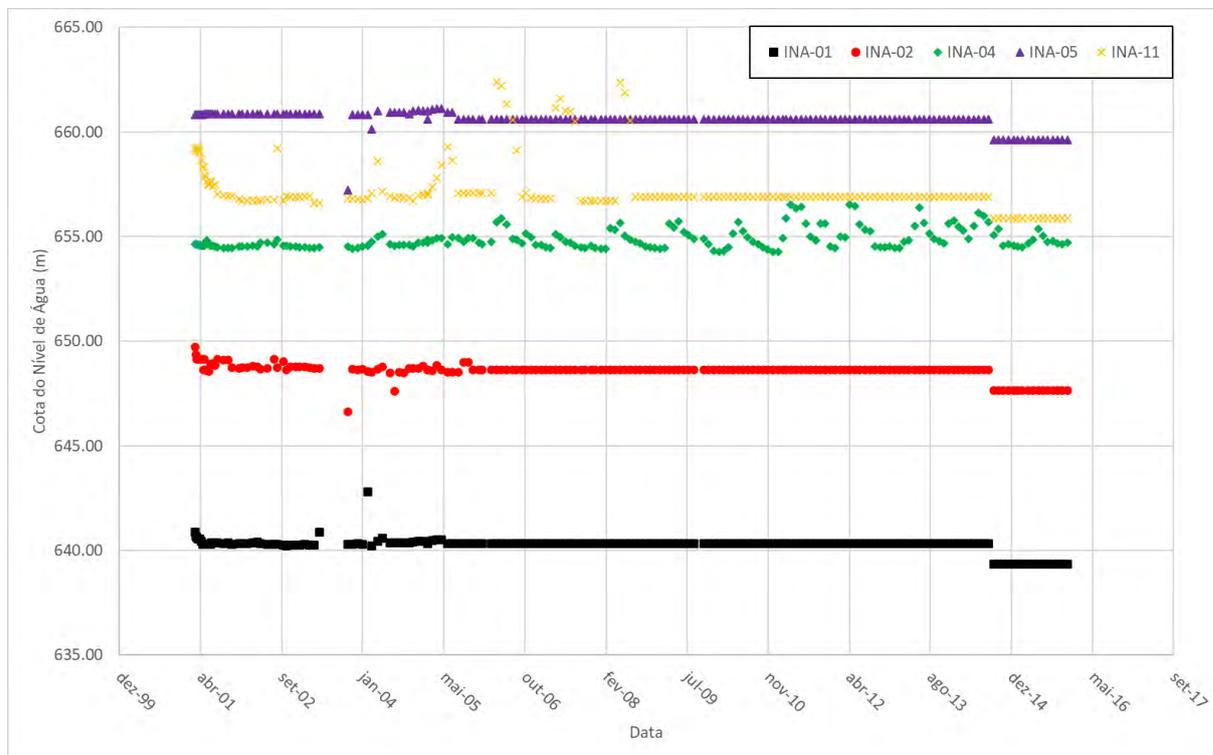


Figura 17: Série histórica dos instrumentos MNA-330, MNA-331 e MNA-333 localizados no segmento Furo 30.

II.4 INSTRUMENTOS LOCALIZADOS NO SEGMENTO PILHAS DE ESTÉRIL



RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS – PROJETO ALEMÃO

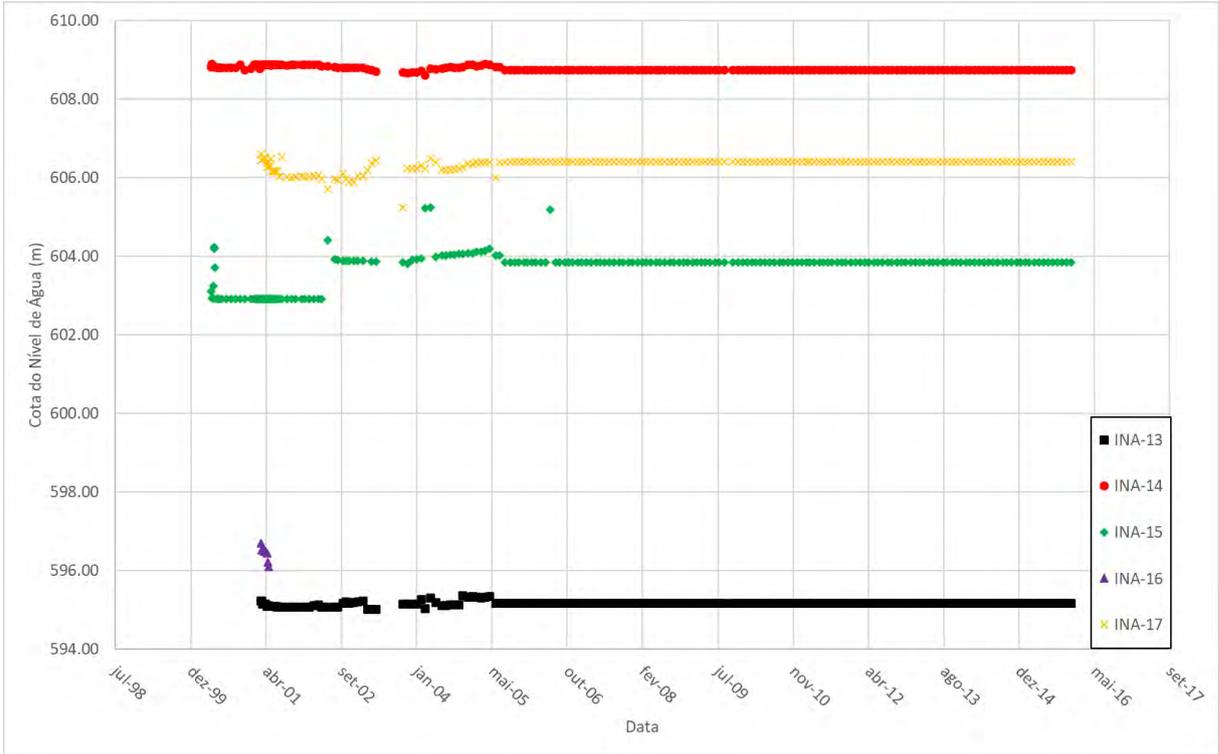


Figura 19: Série histórica dos instrumentos INA-013, INA-014, INA-015, INA-016 e INA-017 localizados no segmento pilhas de estéril.

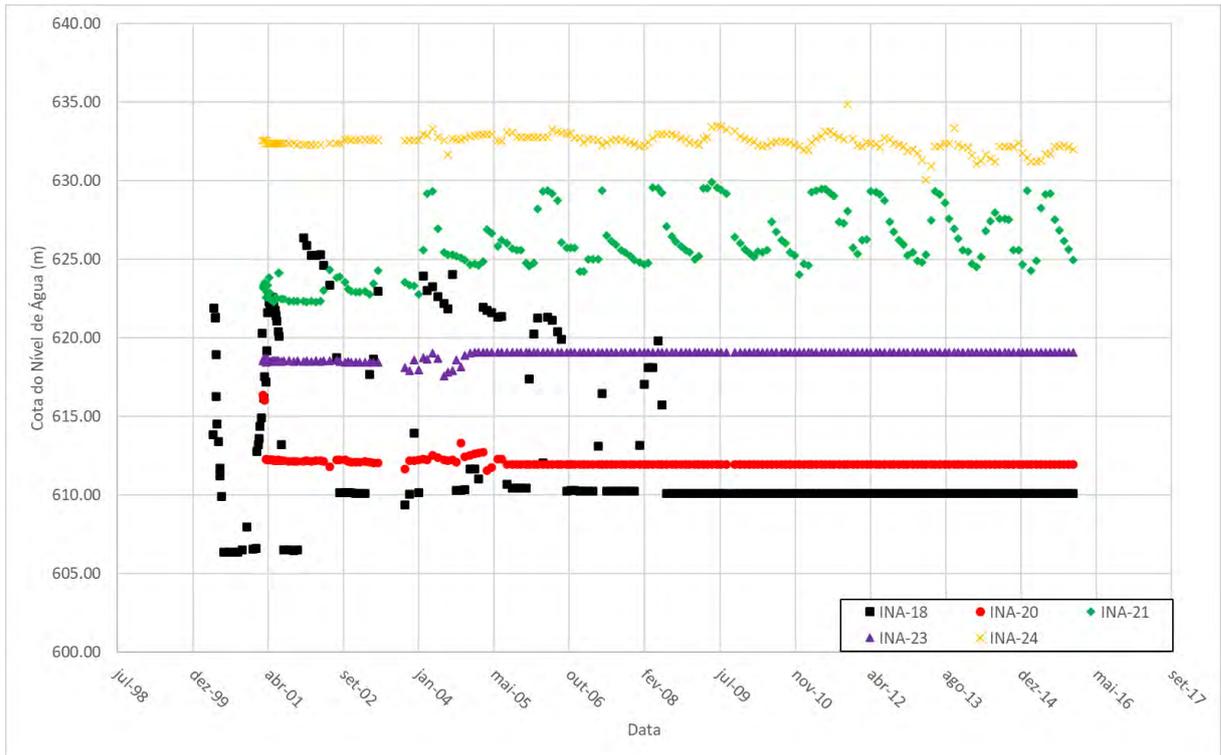


Figura 20: Série histórica dos instrumentos INA-018, INA-020, INA-021, INA-023 e INA-024 localizados no segmento pilhas de estéril.



MDGEO

**RELATÓRIO DO MODELO NUMÉRICO DE SIMULAÇÃO DE
FLUXO SUBTERRÂNEO PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL –
PROJETO ALEMÃO**

Julho | 2022

ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

Título do Projeto:	Modelo numérico de simulação de fluxo subterrâneo para avaliação ambiental – Projeto Alemão
Contrato:	WBH 045 20 OS 002
Vigência Contrato:	25/03/2022 a 25/08/2022
Centro de Custo:	1284
Local:	Belo Horizonte / MG

DADOS DA CONTRATANTE

Contratante:	WALM Engenharia e Tecnologia Ambiental Ltda
CNPJ:	67.632.516/0002-21
Endereço:	Rua Antônio de Albuquerque, 156, Funcionários – BH / MG
Gestor do Contrato:	Fábio Magalhães
Contato:	fabio.magalhaes@walmengenharia.com.br

RESPONSABILIDADE TÉCNICA DO PROJETO

Razão Social:	MDGEO Serviços de Hidrogeologia Ltda.
CNPJ:	38.625.927/0001-90
Responsável Técnico:	Antônio Carlos Bertachini
Contato:	Rua Santa Bárbara, 162 Sagrada Família 31030-150-470 – Belo Horizonte – MG Tel: (+55) 31-3482-9959 / 3466-1602 Fax: (+55) 31-3481-8911 mdgeo@mdgeo.com.br
Anotação de Resp. Técnica – ART:	

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO PROJETO

NOME	FUNÇÃO	ATIVIDADE
Daniel Perez Bertachini (DPB)	Hidrogeólogo Máster	Gerência do projeto
Julio Yasbek Reia (JYR)	Coordenador – Setor de Modelos Numéricos	Coordenação de modelos hidrogeológicos Revisão do relatório
André Paes de Oliveira (APO)	Analista de Hidrogeologia	Desenvolvimento do modelo numérico Elaboração do relatório
Matheus Gomes Fanelli (MGF)	Analista de Hidrogeologia	Desenvolvimento do modelo numérico Elaboração do relatório
Adrieli Thalia Pereira (ATP)	Estagiária	Cartografia Elaboração do relatório

REVISÃO DO RELATÓRIO

REVISÃO	DATA	ELAB.	APROVAÇÃO	FINALIDADE
R0	18/07/22	MGF/ATP		No prelo
R1	19/07/22	MGF/ATP/APO	JYR	Primeira versão enviada ao cliente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	LOCALIZAÇÃO.....	6
3	TRABALHOS ANTERIORES.....	7
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS	9
4.1	LIMITES DA NOVA ÁREA DE ESTUDOS	9
4.2	TOPOGRAFIA.....	9
4.3	HIDROGRAFIA	12
5	MODELO HIDROGEOLÓGICO NUMÉRICO.....	14
5.1	MALHA (GRID).....	14
5.2	CÉLULAS ATIVAS E INATIVAS.....	15
5.3	PROPRIEDADES HIDRODINÂMICAS E CONDIÇÕES DE CONTORNO.....	16
5.3.1	Conductividade Hidráulica.....	16
5.3.2	Drenos (Drains).....	19
5.3.3	Carga Constante (Constant Head).....	20
5.3.4	Recarga (Recharge).....	20
5.3.1	Zonas de balanço (Zone Budget).....	22
6	CALIBRAÇÃO EM REGIME PERMANENTE.....	24
6.1	SELEÇÃO DOS PONTOS DE CALIBRAÇÃO	24
6.2	RESULTADOS.....	26
7	SIMULAÇÃO.....	33
7.1	SIMULAÇÃO PRELIMINAR.....	33
7.1.1	Galeria Alemão.....	33
7.1.2	Cavas a céu aberto.....	34
7.2	CENÁRIO 2.....	36
7.3	CENÁRIO 4.....	36
7.4	CENÁRIO 5.....	38
7.5	CENÁRIO DE RECUPERAÇÃO DE NÍVEL D'ÁGUA – CENÁRIO 6.....	40
7.6	ANÁLISE DE IMPACTOS.....	41
7.6.1	Vazão dos cursos d'água monitorados.....	42
7.6.2	Níveis d'água nas regiões de nascentes.....	42
7.6.3	Vazão global das microbacias.....	46
8	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	47

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1: Localização da antiga mina do Igarapé Bahia e atual Projeto Alemão.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 4.1: Proposta dos novos limites para área de estudos (ADE).....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4.2: Posicionamento na proposta inicial para o limite do modelo hidrogeológico das folhas topográficas do aerolevante executado pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131).....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4.3: Mapa comparativo entre as duas propostas para os limites da área de estudos, com a sobreposição da ADA e do aerolevante topográfico realizado pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131).....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 4.4: Mapa topográfico da área de estudos, proveniente do aerolevante executado pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131), com destaque para as estruturas existentes da antiga mina do Igarapé Bahia.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4.5: Mapa hidrográfico da área de estudos.....</i>	<i>13</i>

<i>Figura 5.1: Área modelada no Modflow. Em verde células inativas, e em branco células ativas. Representação para a camada 1 do modelo.</i>	15
<i>Figura 5.2: Seção vertical (linha 94) da área modelada no Modflow. Em verde células inativas, e em branco células ativas. (exagero vertical de 2 vezes).</i>	16
<i>Figura 5.3: Distribuição da condutividade hidráulica na camada 11.</i>	18
<i>Figura 5.4: Distribuição vertical da condutividade hidráulica para a linha 83 do modelo numérico (exagero vertical de 2 vezes).</i>	18
<i>Figura 5.5: Distribuição vertical da condutividade hidráulica para a coluna 89 do modelo numérico (exagero vertical de 2 vezes).</i>	19
<i>Figura 5.6: Zonas de drenos e carga constante, em cinza e vinho, respectivamente.</i>	20
<i>Figura 5.7: Zonas de recarga utilizadas no modelo, com respectivos valores de recarga e taxa de recarga.</i>	22
<i>Figura 5.8: Zonas de balanço utilizadas no modelo.</i>	23
<i>Figura 6.1: Gráfico de calibração dos instrumentos em regime permanente.</i>	29
<i>Figura 6.2: Gráfico de calibração das nascentes em regime permanente.</i>	30
<i>Figura 6.3: Gráfico do balanço de massa do modelo numérico.</i>	31
<i>Figura 6.4: Mapa potenciométrico obtido após a calibração do modelo em regime permanente.</i>	32
<i>Figura 7.1: Nova zona de recarga discretizada.</i>	34
<i>Figura 7.2: Zona de condutividade para representar o vazio das cavas.</i>	35
<i>Figura 7.3: Estruturas de desaguamento do cenário 2.</i>	36
<i>Figura 7.4: Zonas de recarga do cone de deformação no cenário 4.</i>	37
<i>Figura 7.5: Cone de deformação e estruturas de desaguamento do Cenário 4.</i>	38
<i>Figura 7.6: Zonas de recarga do cone de deformação no cenário 5.</i>	39
<i>Figura 7.7: Cone de deformação e estruturas de desaguamento do cenário 5.</i>	40
<i>Figura 7.8: Comparativo entre as cargas hidráulicas e células secas obtidas na calibração e simulação de recuperação.</i>	41
<i>Figura 7.9: Porcentagem de variação entre os níveis d'água dos cenários simulados com o da calibração do modelo numérico.</i>	43
<i>Figura 7.10: Mapa de porcentagem de impacto nas nascentes no cenário 2.</i>	44
<i>Figura 7.11: Mapa de porcentagem de impacto nas nascentes no cenário 4.</i>	44
<i>Figura 7.12: Mapa de porcentagem de impacto nas nascentes no cenário 5.</i>	45
<i>Figura 7.13: Mapa de porcentagem de impacto nas nascentes no cenário de recuperação.</i>	45
<i>Figura 7.14: Disposição das zonas de balanço nas microbacias contidas no modelo numérico.</i>	46

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 5.1: Propriedades hidráulicas utilizadas no modelo.</i>	17
<i>Tabela 5.2: Elevação dos drenos inseridos no modelo.</i>	19
<i>Tabela 5.3: Zonas de balanço utilizadas no modelo.</i>	23
<i>Tabela 6.1: Lista de instrumentos utilizados na calibração em regime permanente.</i>	24
<i>Tabela 6.2: Comparativo entre os valores observados e os obtidos na calibração do modelo numérico.</i>	27
<i>Tabela 6.3: Comparativo entre as vazões observadas em campo e as obtidas pela calibração do modelo numérico.</i>	31
<i>Tabela 7.1: Cenários de desaguamento e recuperação.</i>	33
<i>Tabela 7.2: Condutância e Vazão calculada para as cavas a céu aberto.</i>	35
<i>Tabela 7.3: Condutividades hidráulicas para o cone de deformação no Cenário 4.</i>	37
<i>Tabela 7.4: Condutividades hidráulicas para o cone de deformação no Cenário 5.</i>	39
<i>Tabela 7.5: Vazões dos cursos de água superficiais por cenário.</i>	42
<i>Tabela 7.6: Impacto sobre a vazão dos córregos naturais.</i>	42
<i>Tabela 7.7: Vazões calculadas para as microbacias ao longo dos cenários de simulação.</i>	46

ANEXOS

ANEXO I – VARIAÇÃO DOS NÍVEIS D'ÁGUA NAS REGIÕES DE NASCENTES AO LONGO DOS CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO COMPARADOS AO NÍVEL D'ÁGUA CALIBRADO

1 INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta a consolidação dos resultados obtidos pelo modelo numérico de fluxo de águas subterrâneas para a área da antiga mina do Igarapé Bahia, atual Projeto Alemão, e seus entornos.

O Projeto Alemão consiste em uma nova fase exploratória no local onde funcionou até o ano de 2002 a cava a céu aberto de Cu-Au do Igarapé Bahia. Nesse novo estágio da operação, a lavra será desenvolvida de forma subterrânea pelo método do *sublevel caving* para a extração do corpo Alemão, mineralizado em cobre.

Para o desenvolvimento e calibração do modelo, foram compiladas novas informações a respeito dos níveis de água, vazão e de pluviometria da região, de modo a subsidiar uma revisão do modelo numérico para a área de interesse, que contemplará uma área maior que a do estudo anterior realizado pela MDGEO em 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072), visando atender a demandas apresentadas pelo ICMBio para a autorização para o licenciamento ambiental do empreendimento.

O presente estudo objetiva, utilizando-se da modelagem numérica pelo método de diferenças finitas, o estudo hidrogeológico da interferência do fluxo de água subterrânea no que virá a ser a lavra subterrânea pelo método *sublevel caving*. Para a realização deste empreendimento, se faz necessário um entendimento do comportamento desses fluxos subterrâneos de água e da influência da precipitação em todas as porções que sofrerão as deformações por quebra e subsidência, para as fases de evolução da mina, bem como para análise de impactos ao longo dos cenários de lavra.

Primeiramente, uma malha foi montada levando em conta os elementos que são relevantes. Depois, utilizando-se das informações de compilação se procedeu às calibrações em regime permanente. Por fim, foi possível simular os estados dos diferentes fluxos hidrológicos nos cenários 2, 4, 5 e 6, sendo que os três primeiros representam a lavra nos anos de 2024, 2034 e 2044, respectivamente, e o último cenário é configurado como o de recuperação do nível d'água.

De forma mais detalhada e como descrito no escopo deste projeto, se almeja por meio desse modelo numérico e estudo hidrogeológico realizar os cálculos dos volumes a serem bombeados e os eventuais riscos relacionados.

2 LOCALIZAÇÃO

O Projeto Alemão situa-se no município de Parauapebas/PA e se insere na denominada “Província Mineral de Carajás”, próximo a outros empreendimentos desenvolvidos pela Vale tais como as minas de Sossego, Manganês do Azul, S11D e Salobo.

O acesso ao local é feito a partir do perímetro urbano de Parauapebas pela rodovia PA-275, onde se percorre aproximadamente 120 km de distância até a antiga mina do Igarapé Bahia, conforme apresentado na Figura 2.1.

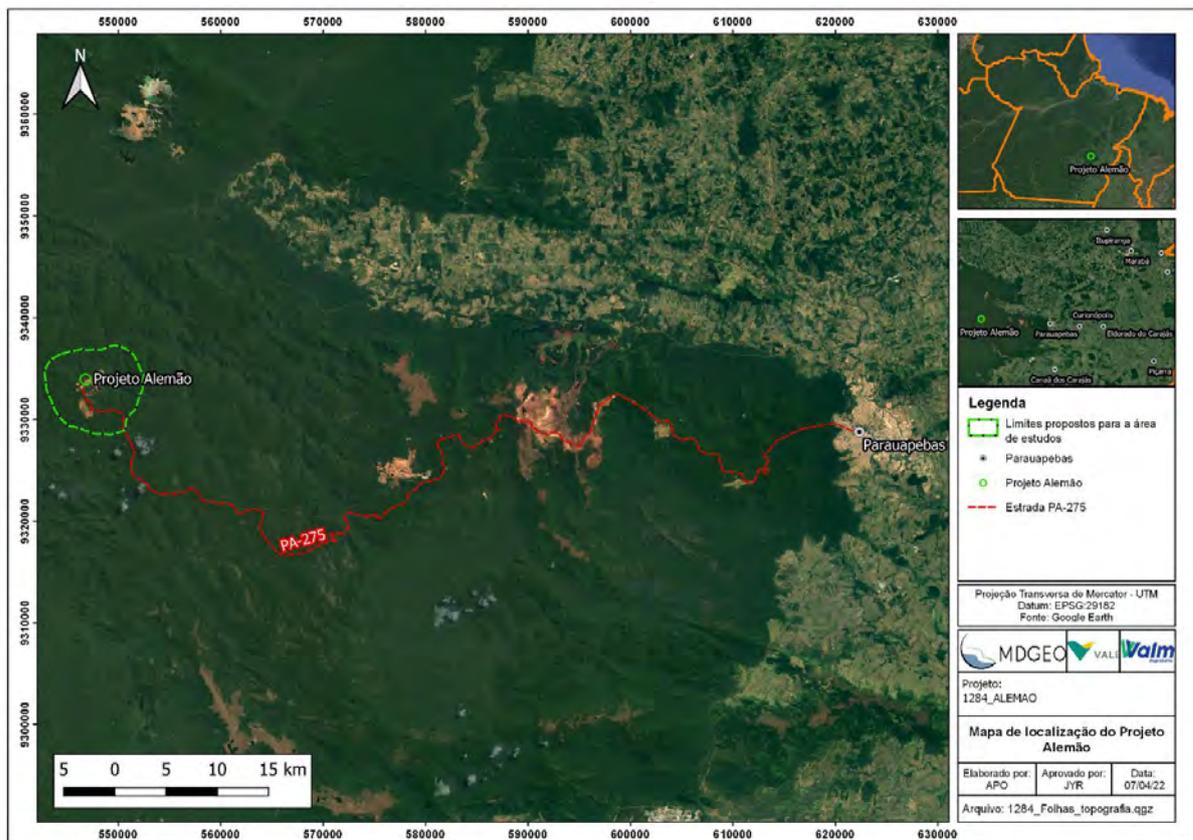


Figura 2.1: Localização da antiga mina do Igarapé Bahia e atual Projeto Alemão.

3 TRABALHOS ANTERIORES

Estão listados a seguir os trabalhos já executados para a região de interesse e que subsidiam o presente trabalho.

REL CVRD IB 003_98	Projeto de rebaixamento do nível d'água, mina do Igarapé Bahia, corpos Acampamento Norte, Sul e Furo 30 - Relatório técnico, elaborado pela MDGEO em 1998.
REL CVRD IB 007_00	Estudo do rebaixamento do nível d'água para as lavras da zona de transição das cavas Furo 30 e Acampamento Sul da mina do Igarapé Bahia - Relatório técnico, elaborado pela MDGEO em 2000.
REL_CVRD_IB_008_02	Relatório de visita técnica, elaborado pela MDGEO em 2001.
019-5131-002	Consolidação dos estudos hidrogeológicos e geotécnicos. Programação de estudos e investigações para a fase de pré-viabilidade do Projeto Alemão - Relatório técnico, elaborado pela GOLDER em janeiro de 2002.
REL_CVRD_DBH_IB_001_02	Diagnóstico inicial da gestão dos recursos hídricos CVRD - Mina do Igarapé Bahia - Relatório técnico, elaborado pela MDGEO em 2003.
Contrato T0290/2002	Geofísica para a detecção de fraturas. Parauapebas-PA, Serra dos Carajás, área do Igarapé Bahia, mina do Alemão - Relatório técnico, elaborado pela AFC GEOFÍSICA em janeiro de 2003.
RT-029-5123-5110-0022-01-B	Relatório dos estudos hidrológicos, hidrogeológicos e geotécnicos para a fase de pré-viabilidade do Projeto Alemão, elaborado pela GOLDER em março de 2004.
RL-500J-00-00131	Complexo minerador de Carajás - Projeto Alemão - Levantamento topográfico a laser - Trabalho elaborado pela Esteio em setembro de 2006.
Relatorio_Alemao_Geologia_e_Modelamento_2007	Relatório do Modelamento Geológico 2006/2007 - Projeto Alemão - Estudo de FEL 2 - Relatório interno, elaborado pela VALE em junho de 2007.
RL-1000-X-00051	Fase de Viabilidade (FEL 2) - Mina - Elaboração de Projetos Geotécnicos, Hidrológicos e Hidrogeológicos, elaborado pela VOGBR em janeiro de 2008.
SP_P4888_R0256_2010	Diagnóstico ambiental da mina do Igarapé Bahia. Floresta Nacional de Carajás - Parauapebas - PA - Relatório Técnico, elaborado pela GEOKLOCK em fevereiro de 2010.
RT-019_089-515-2012_01-J	Estudo de impacto ambiental - EIA - Mina do Alemão - Parauapebas - Pará - Relatório Técnico, elaborado pela GOLDER em abril de 2011.
RL-1000IB-X-01582	Elaboração do modelo hidrogeológico computacional para o Projeto Alemão, Serra dos Carajás, sul do Pará - Relatório Técnico, elaborado pela MDGEO em fevereiro de 2012.

Relatório do modelo numérico de simulação de fluxo subterrâneo para avaliação ambiental – Projeto Alemão

RL-9000IB-X-01326	Projeto Conceitual (FEL 2) - Elaboração de Estudos Geotécnicos, Hidrológicos/Hidráulicos e Hidrogeológicos - Relatório Técnico, elaborado pela VOGBR em abril de 2012.
RL-1000IB-X-90036	Projeto geomecânico de lava subterrânea para a mina do Alemão - Modelamento geomecânico 3D - Relatório técnico, elaborado pela WALM em 2019.
RL-1000IB-X-90072	Relatório do modelo numérico para os estudos hidrogeológicos do Projeto Alemão, elaborado pela MDGEO em maio de 2020.
WGS-RT-168-01O-20-R01	Solicitação de alteração de outorga de direito de uso dos recursos hídricos para captação de água subterrânea em poço tubular profundo - Outorga nº 3581/2019 - Mina do Igarapé Bahia - Parauapebas/PA - Relatório técnico, elaborado pela WATERGEO em julho de 2020.
RL-9010IB-X-03047	Projeto básico - Estruturas hidráulicas - Barragem de rejeitos - Modelagem 3D da fundação da barragem - Relatório técnico, elaborado pela DF+ em janeiro de 2021.
RL-9010IB-X-03051	Projeto básico - Estruturas hidráulicas - Barragem de rejeitos - FEL 3 - Barragem - Relatório Técnico, elaborado pela DF+ em outubro de 2021.
RL_ENG_VALE_MINA DE IGARAPÉ BAHIA_PROJETO ALEMÃO=0	Levantamento geofísico - Projeto Barragem Alemão situada na mina do Igarapé Bahia - Município de Parauapebas, PA. Relatório técnico, elaborado pela AFC GEOFÍSICA em novembro de 2021.
RL-9010IB-X-03046	Projeto básico - Estruturas hidráulicas - Barragem de rejeitos - Balanço hídrico - Relatório técnico, elaborado pela DF+ em novembro de 2021.
RL-1000IB-U-90035	Projeto básico - Mina/Comum - Hydrogeological model peer review - Memorando técnico, elaborado pela HATCH em novembro de 2021.
RL-1000IB-U-90036	Projeto básico - Mina/Comum - Hydrogeological model peer review/FEFLOW - Model development review - Relatório técnico, elaborado pela HATCH em fevereiro de 2022.
RL-9010IB-X-03062	Projeto básico - Estruturas hidráulicas - Barragem de rejeitos - Mapeamento de nascentes – Relatório técnico, elaborado pela DF+ em março de 2022.
RL-1000IB-U-90037	Projeto básico - Mina/Comum - Hydrogeological model peer review - Final report - Relatório técnico, elaborado pela HATCH em março de 2022.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

4.1 LIMITES DA NOVA ÁREA DE ESTUDOS

No âmbito do novo modelo hidrogeológico voltado ao licenciamento ambiental, foi proposto um novo limite para a área de estudos que englobasse toda a ADA (Área Diretamente Afetada) pela operação da mina e a barragem de rejeitos. Dessa forma, foi proposta uma nova delimitação (Figura 4.1), visando a atender essa demanda.

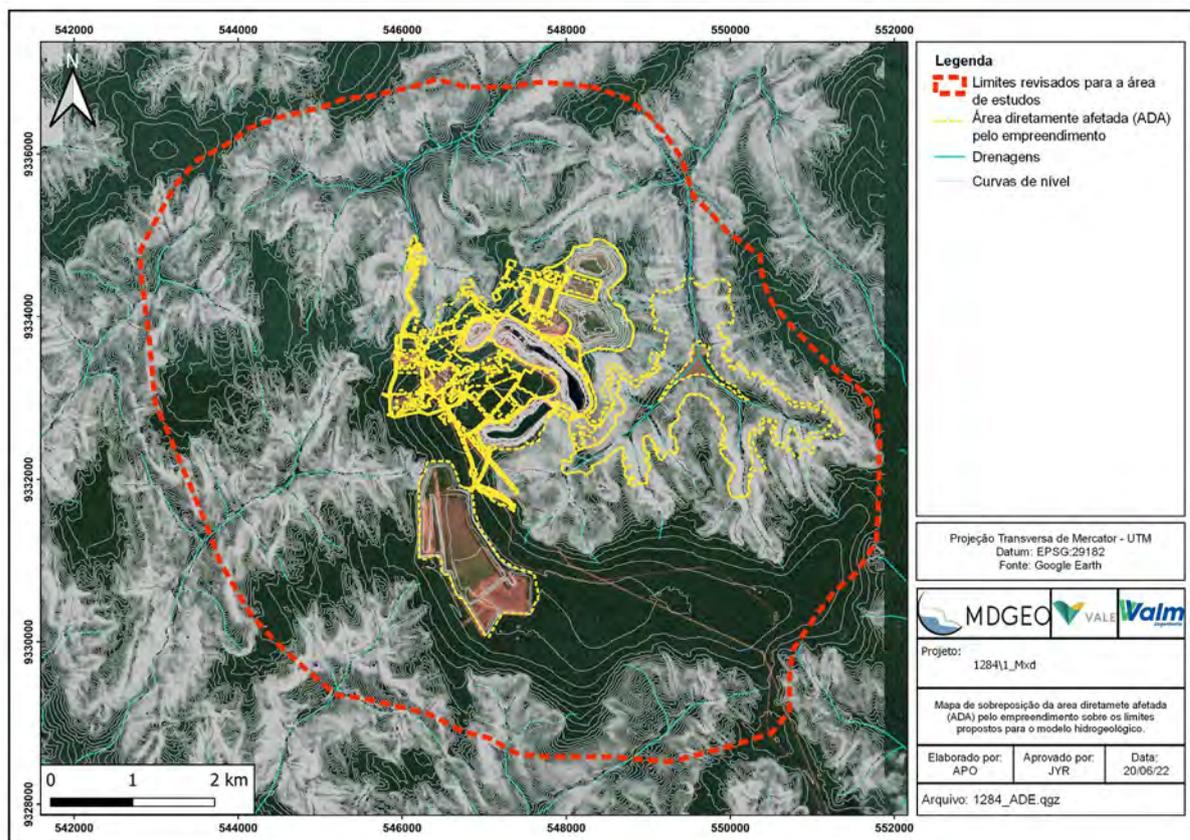


Figura 4.1: Proposta dos novos limites para área de estudos (ADE).

4.2 TOPOGRAFIA

Assim como no modelo hidrogeológico anterior produzido pela MDGEO em 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072), a base topográfica levantada pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131) subsidiará este novo trabalho.

A Figura 4.2 mostra o posicionamento das folhas produzidas por este aerolevantamento na delimitação inicial do novo modelo hidrogeológico. Como se

pode visualizar no mapa a seguir, uma porção da região proposta para o novo modelo se encontrava fora da cobertura dessa base topográfica. Dessa forma, foi feito um ajuste no limite oeste da área de estudos, com objetivo de manter toda a área de interesse em uma mesma base topográfica. O mapa da Figura 4.3 exibe o comparativo entre as delimitações para cada proposta apresentada, bem como a sobreposição da ADA e do levantamento topográfico sobre a área de interesse.

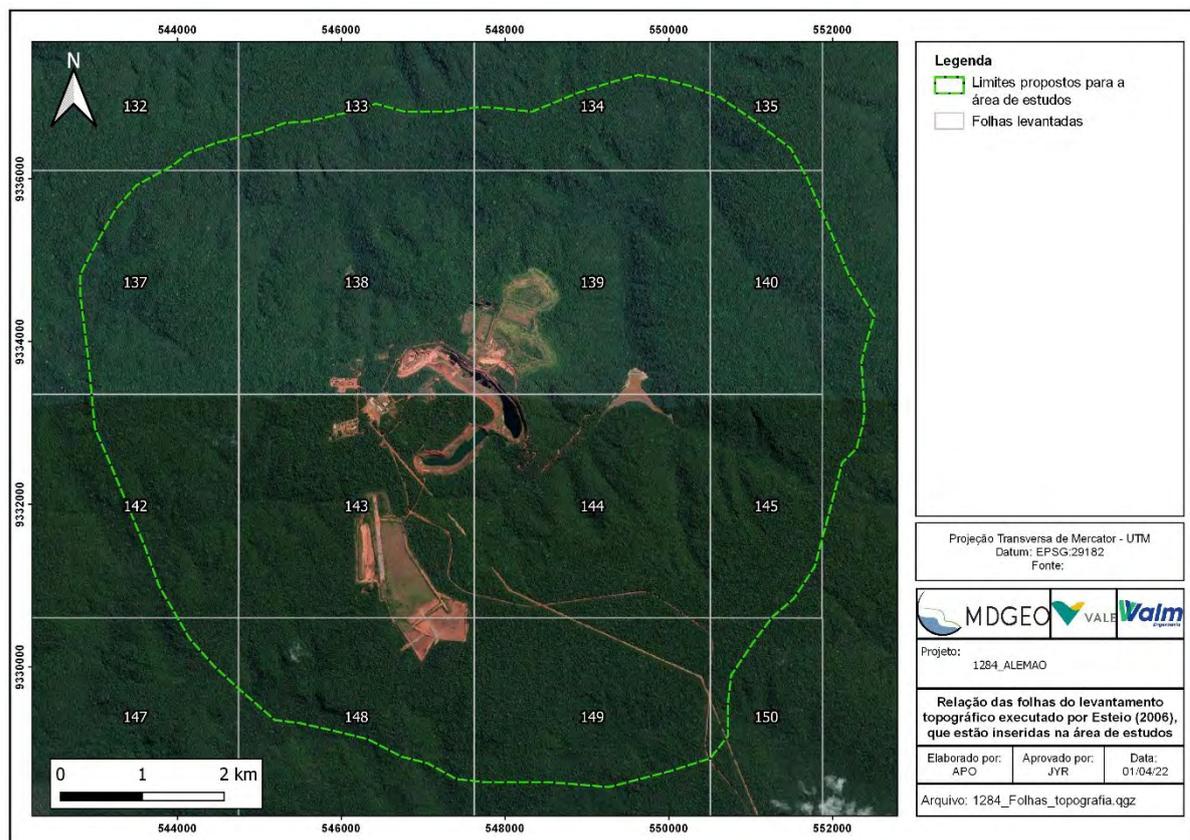


Figura 4.2: Posicionamento na proposta inicial para o limite do modelo hidrogeológico das folhas topográficas do aerolevante executado pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131).

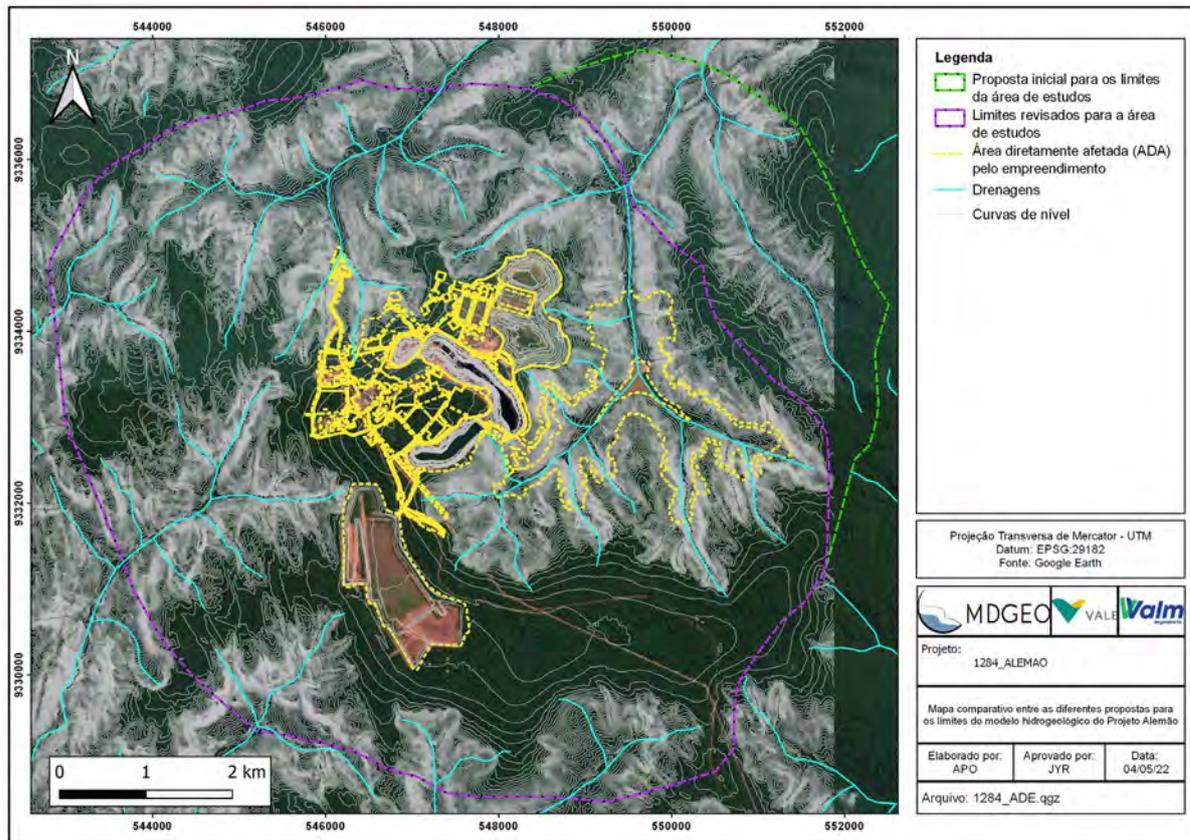


Figura 4.3: Mapa comparativo entre as duas propostas para os limites da área de estudos, com a sobreposição da ADA e do aerolevante topográfico realizado pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131).

Sobre a topografia, as curvas de nível se dispõem entre as cotas mínima de 335 m e máxima de 685 m. O desnível é mais pronunciado nas porções onde há a presença dos sistemas de drenagens, especialmente no compartimento setentrional da área e em porções à jusante da barragem de captação de água. O relevo possui maior elevação na parte central, coincidente à ocorrência das lateritas ferruginosas e onde se encontra o corpo do Alemão. Essa zona forma um platô, conferindo um topo aproximadamente achatado que se estende às antigas cavas do Acampamento Norte, Acampamento Sul e Furo 30, bem como às outras estruturas da mina como as pilhas de estéril, pista de pouso e antiga usina. A Figura 4.4 exibe a topografia da região estudada a partir desse levantamento realizado e as estruturas existentes na antiga mina do Igarapé Bahia.

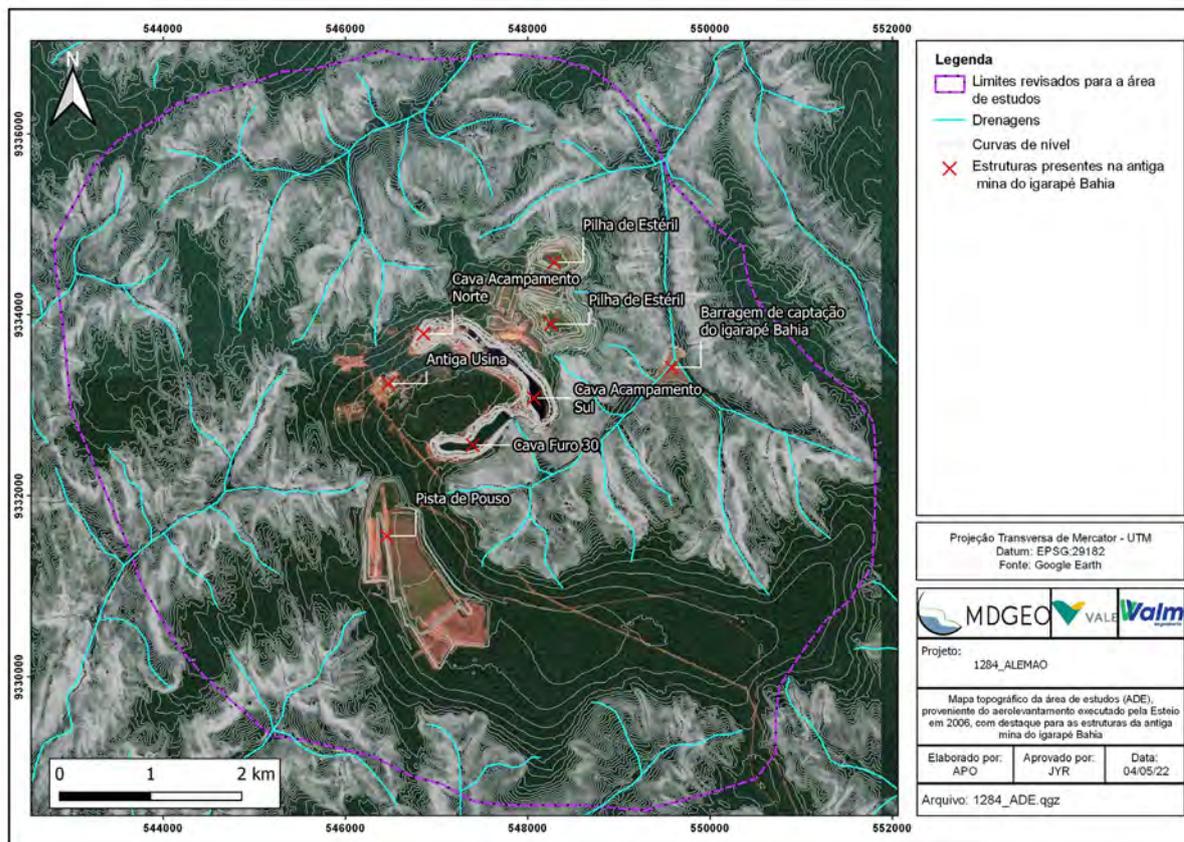


Figura 4.4: Mapa topográfico da área de estudos, proveniente do aerolevanteamento executado pela Esteio em 2006 (Relatório técnico RL-500J-00-00131), com destaque para as estruturas existentes da antiga mina do Igarapé Bahia.

4.3 HIDROGRAFIA

A região estudada está compartimentada em seis sub-bacias distintas. Os cursos d'água que estão presentes dentro dos limites da zona de interesse são o Igarapé Bahia, que compreende toda a porção nordeste-leste e a área barragem homônima; o Igarapé Sergipe, ao sul; o Igarapé Alagoas, a sudoeste; o Igarapé Ceará, a oeste; o Igarapé Pernambuco, a noroeste; e o Igarapé Alemão, a norte, com seu tributário Igarapé Galeria que se localiza próximo à cava Acampamento Norte, a noroeste da mesma. O mapa da Figura 4.5 apresenta a localização dos Igarapés presentes na área do Projeto Alemão.

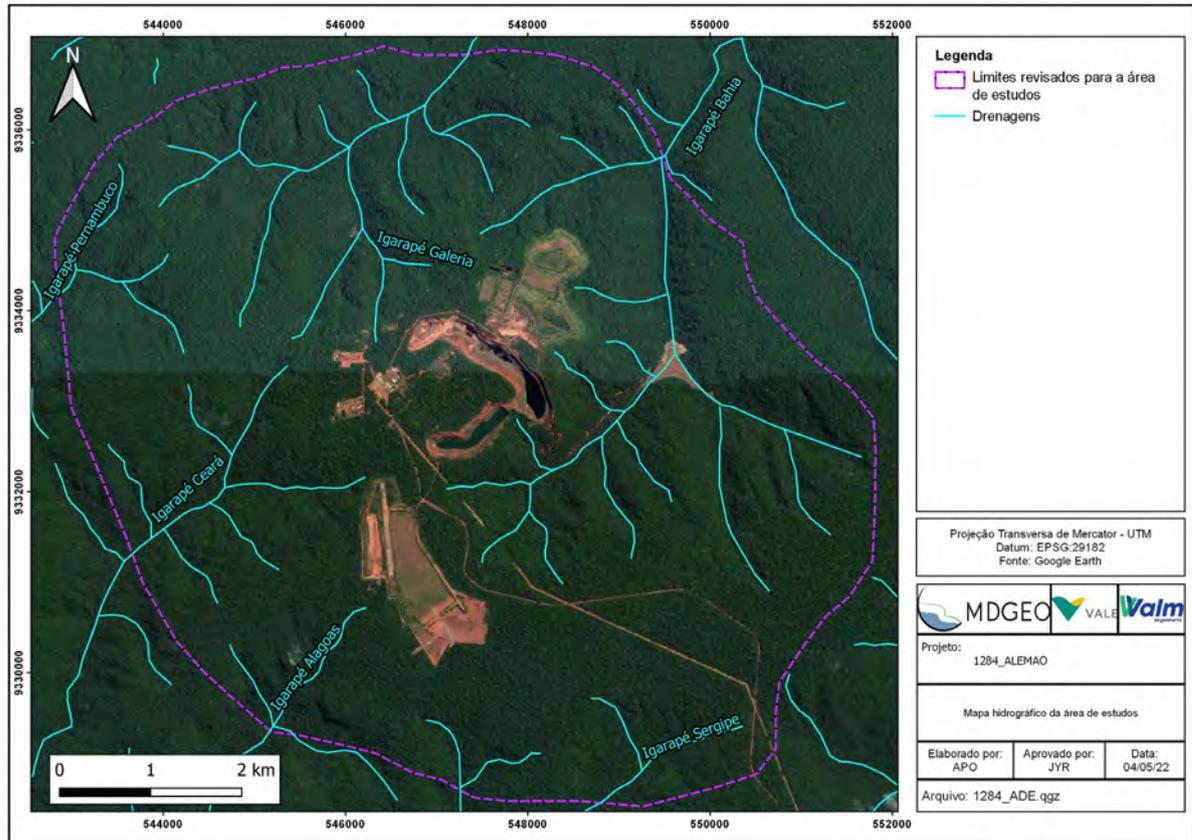


Figura 4.5: Mapa hidrográfico da área de estudos.

5 MODELO HIDROGEOLÓGICO NUMÉRICO

A modelagem numérica tridimensional do fluxo de água é um meio de representação matemática das condições do meio físico subterrâneo em uma determinada área. Modelos numéricos são importantes ferramentas no que diz respeito à estimativa e simulações das condições hídricas subterrâneas. Eles possibilitam a realização de prognósticos relacionados a resposta do meio frente a intervenções diversas, o que permite que possíveis impactos e propostas de mitigação sejam avaliados.

Este item do estudo consiste na elaboração e discussão a respeito do modelo numérico de fluxo desenvolvido para o projeto Alemão. O software utilizado para a construção do modelo foi o “Visual Modflow”, versão 2011.1. O algoritmo utilizado para a resolução das equações foi o MODFLOW-NWT, desenvolvido pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS, através do método de diferenças finitas. A seguir são apresentados, sequencialmente, as condições de contorno utilizadas, a calibração do modelo em regime permanente (estacionário) e os resultados das simulações dos cenários.

5.1 MALHA (GRID)

O modelo compreende uma área retangular de 75 km². As abscissas (eixo X) estão divididas em 189 colunas, com espessuras que variam de 25 m, na região do empreendimento, passando a intervalos de 50 e 100 m nas demais regiões. As ordenadas (eixo Y) dividem-se em 180 linhas, com o mesmo critério de espaçamento utilizado para as colunas.

O sistema de coordenadas utilizado no modelo é o UTM, de maneira a facilitar o georreferenciamento da área bem como a utilização de mapas. A área é limitada pelas coordenadas UTM 542.812 e 551.817 Leste, e 9.328.524 e 9.336.923 Norte. A Figura 5.1, a seguir, representa a área modelada (camada 1 do modelo).

Na direção Z, o topo do modelo foi delimitado de acordo com a topografia (Figura 5.2), sendo a cota máxima de 690, enquanto a base do modelo foi fixada na cota -240 m. O modelo foi ainda dividido em 31 camadas, com espessuras refinadas de 25 m para cada camada.

5.2 CÉLULAS ATIVAS E INATIVAS

Células inativas são aquelas em que não ocorre fluxo d'água, ou seja, não há entrada ou saída de água nestas células, representando a condição de contorno de fluxo zero (*non-flow boundary*). Esta condição de contorno foi atribuída para representar contatos com unidades pouco permeáveis e/ou divisores de água, dados tipicamente pelos limites físicos das bacias hidrográficas consideradas. Sendo assim, as células situadas fora do limite da área de estudo (em azul na Figura 5.1 e Figura 5.2) e acima da superfície do terreno, segundo a base topográfica adotada, foram inativadas.

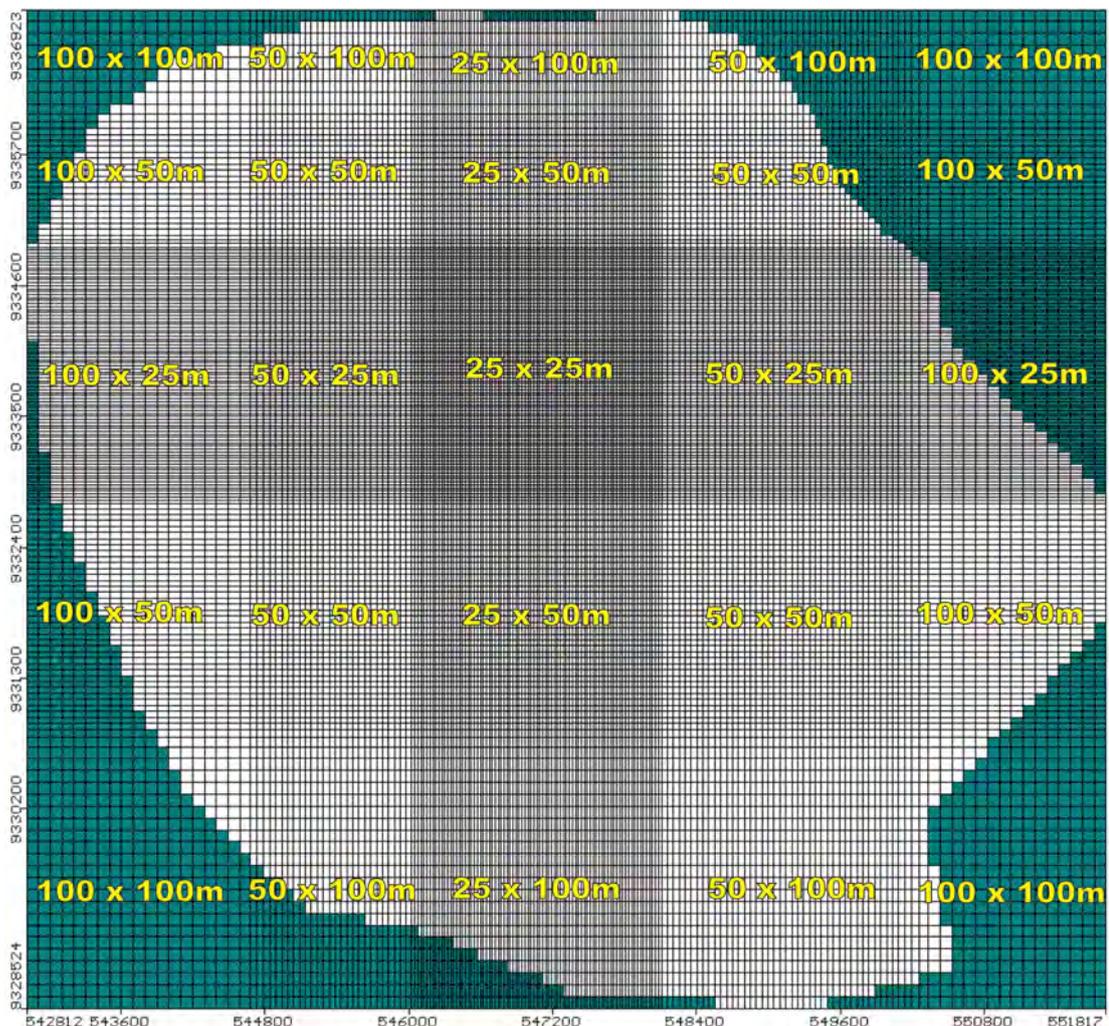


Figura 5.1: Área modelada no Modflow. Em verde células inativas, e em branco células ativas. Representação para a camada 1 do modelo.

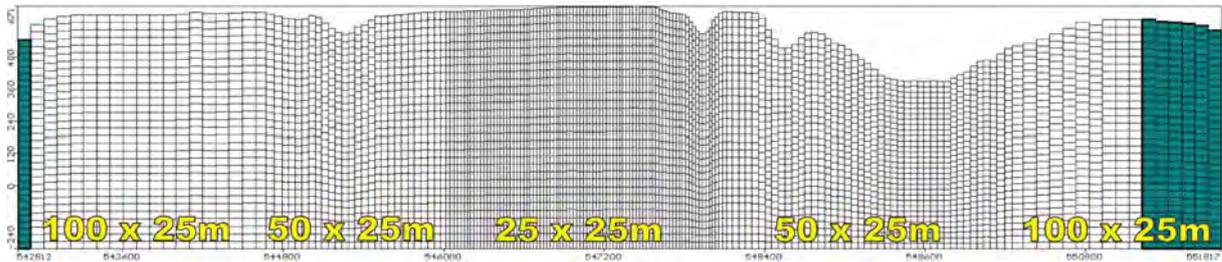


Figura 5.2: Seção vertical (linha 94) da área modelada no *Modflow*. Em verde células inativas, e em branco células ativas. (exagero vertical de 2 vezes).

5.3 PROPRIEDADES HIDRODINÂMICAS E CONDIÇÕES DE CONTORNO

A condutividade hidráulica é uma propriedade hidrodinâmica que está relacionada à facilidade com que a água se move através dos interstícios/poros da rocha ou solo. Dessa forma, as áreas de condutividade hidráulica são definidas a partir da distribuição dos litotipos na área, sendo as unidades hidroestratigráficas representadas no modelo como zonas de mesma condutividade hidráulica, as quais correspondem aos aquíferos e aquíferos (unidade hidrogeológica semipermeável) existentes na área de estudo.

Condições de contorno são elementos numéricos inseridos no modelo que determinam as relações existentes e conhecidas entre as cargas hidráulicas e fluxo d'água subterrânea na área modelada. De forma geral, representam as entradas e saídas de água no modelo numérico, bem como seus limites físicos, ou seja, indicam elementos físicos/hidrogeológicos existentes, tais como rios, nascentes, poços, recarga, rochas impermeáveis, continuidade do aquífero, divisores de bacias, dentre outros

A seguir são listados os elementos que compõe as propriedades hidrodinâmicas e condições de contorno do modelo numérico do Projeto Alemão:

5.3.1 Condutividade Hidráulica

De forma geral nos modelos numéricos hidrogeológicos, para cada célula do modelo é atribuído um valor de condutividade hidráulica, coeficiente de armazenamento e carga hidráulica inicial. Ressalta-se que no caso de modelos que não contemplam calibrações/simulações em regime transiente não é necessário a atribuição dos valores de coeficiente de armazenamento, uma que estes não impactam em modelo numéricos cuja a variável tempo não está contemplada (regime estacionário).

Os valores de condutividade hidráulica e foram baseados nos trabalhos da MDGEO de 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072) e da DF+ de 2021 (Relatório técnico RL-9010IB-X-03047), conforme apresentado no relatório de Modelo Conceitual (Relatório técnico R_1284WALM_VALE_ALEMAO_MC_RF). Desta forma, definiram-se 24 grupos, que podem ser observados na Tabela 5.1, e na Figura 5.3, Figura 5.4 e Figura 5.5 apresentadas a seguir.

Tabela 5.1: Propriedades hidráulicas utilizadas no modelo.

Cor	Propriedade	Unidades hidrogeológicas discretizadas
	1	-
	2	ROCHA SÃ - Arenito
	3	ROCHA SÃ - Gabro
	4	ROCHA SÃ - Metavulcânicas
	5	ROCHA SÃ - Unid. baixa condutividade
	6	ROCHA SÃ - Brechas
	7	SAPRÓLITO
	8	TRANSIÇÃO - Metassedimentos
	9	TRANSIÇÃO - Arenito
	10	TRANSIÇÃO - Gabro
	11	TRANSIÇÃO - Metavulcânicas
	12	TRANSIÇÃO - Unid. baixa condutividade
	13	TRANSIÇÃO - Brechas
	14	ROCHA SÃ - Metassedimentos
	15	FALHA Capim
	16	FALHA Açai
	17	FALHA Bacaba
	18	FALHA Bragança
	19	FALHA Marabá
	20	FALHA Soure
	21	FALHA Caeté
	22	FALHA Guama
	23	FALHA Vigia
	24	MACIÇO
	25	TÁLUS/COLÚVIO

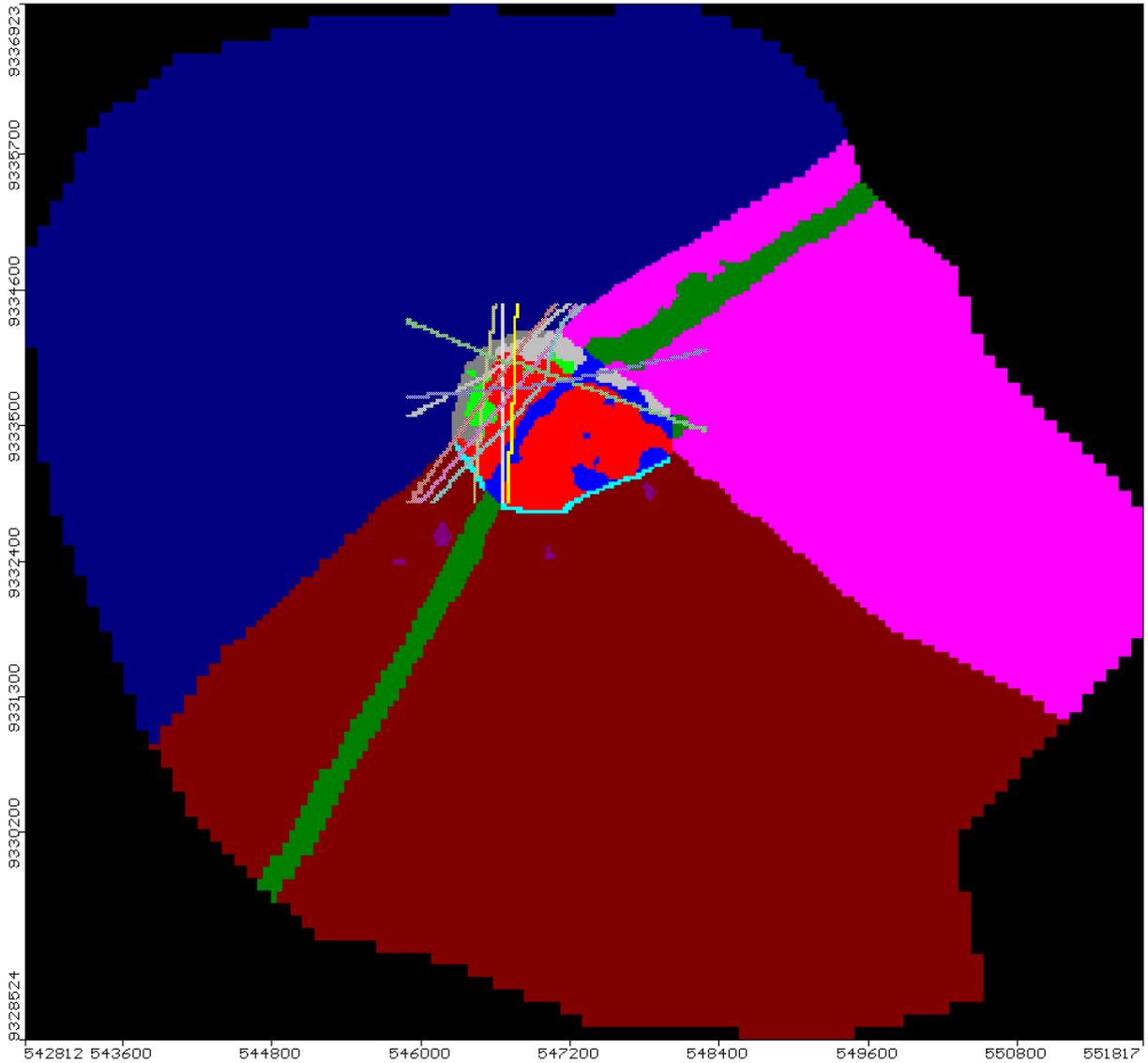


Figura 5.3: Distribuição da condutividade hidráulica na camada 11.

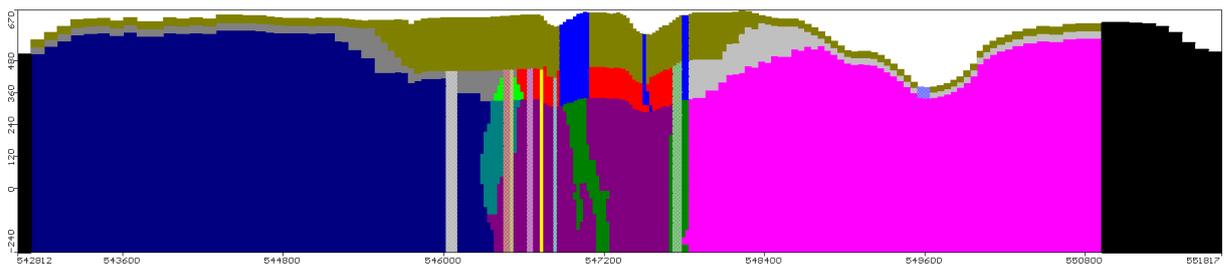


Figura 5.4: Distribuição vertical da condutividade hidráulica para a linha 83 do modelo numérico (exagero vertical de 2 vezes).

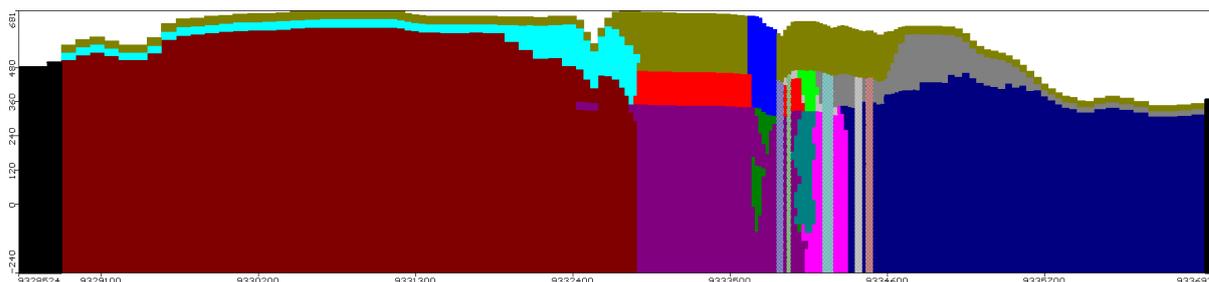


Figura 5.5: Distribuição vertical da condutividade hidráulica para a coluna 89 do modelo numérico (exagero vertical de 2 vezes).

5.3.2 Drenos (*Drains*)

Os drenos foram utilizados no modelo para representar pontos de descarga da água subterrânea, como surgências e cursos d'água com comportamento efluente. A vazão de saída destas estruturas é proporcional à diferença entre a carga hidráulica do entorno e a cota do dreno, assim como a condutância do dreno (valor definido durante a calibração).

Para representar as drenagens e surgências foram inseridos drenos na primeira camada, de acordo com a topografia gerada no modelo, cujas nascentes foram definidas no inventário de pontos d'água e representadas por pontos virtuais (Figura 5.6).

As cotas dos drenos inseridos no modelo são as seguintes:

Tabela 5.2: Elevação dos drenos inseridos no modelo.

Drenos	Elevação (m)
Igarapé Sergipe	450 a 644
Igarapé Alagoas	375 a 622
Igarapé Ceará	378 a 632
Igarapé Pernambuco	460 a 626
Igarapé Galeria	397 a 642
Igarapé Alemão	343 a 631
Igarapé Bahia Montante	389 a 616
Igarapé Bahia Jusante	358 a 603

5.3.3 Carga Constante (Constant Head)

A condição de carga constante é assinalada a células do modelo onde a carga hidráulica não se altera. É uma feição conveniente para se definir corpos d'água, cujo volume não é significativamente interferido pelo fluxo subterrâneo.

A condição de contorno foi utilizada para representar a barragem de captação, cuja carga hidráulica tem valor definido em 690 m. A Figura 5.6 apresenta, em vinho, a barragem de captação.

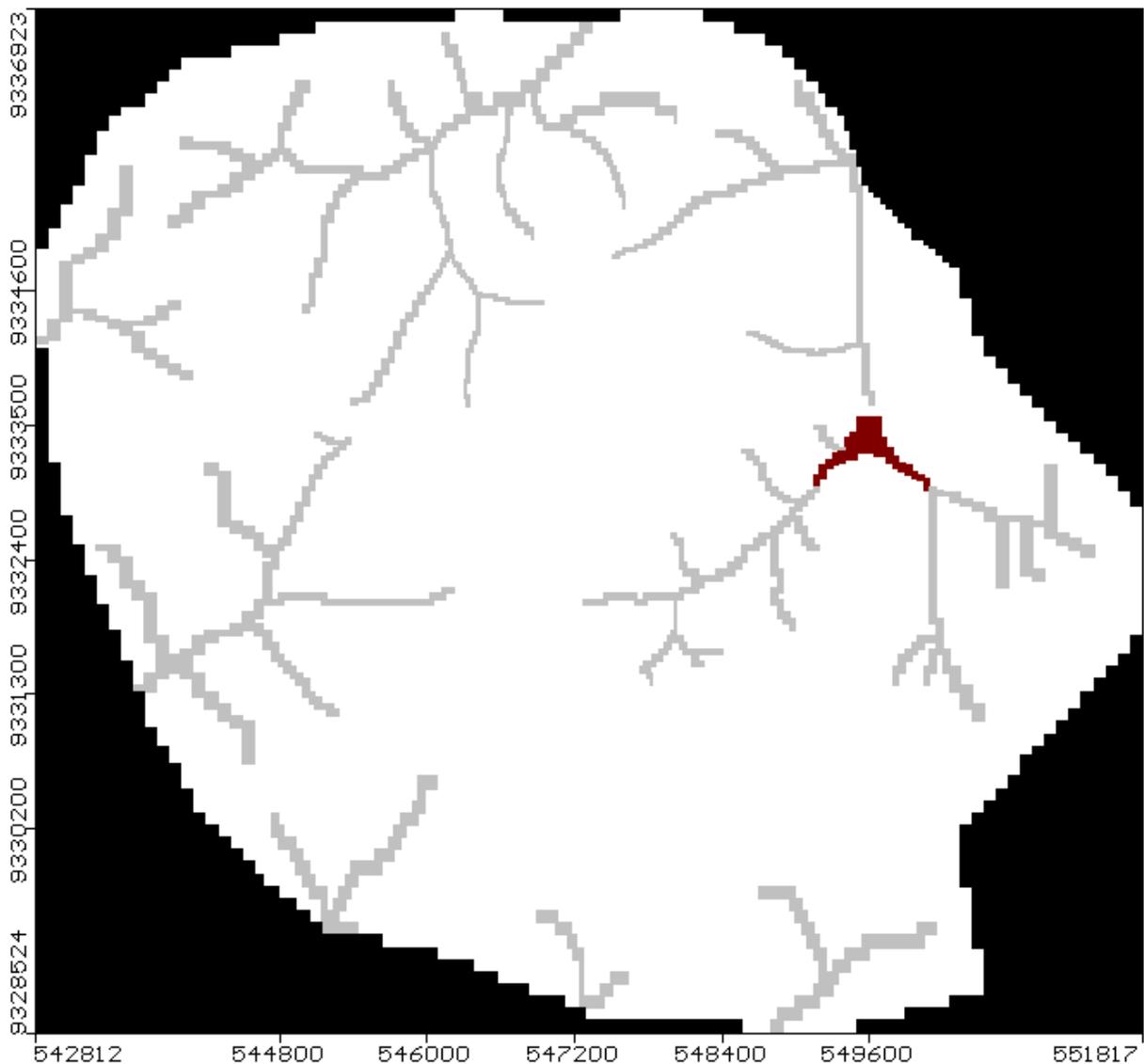


Figura 5.6: Zonas de drenos e carga constante, em cinza e vinho, respectivamente.

5.3.4 Recarga (Recharge)

A recarga representa a fração da precipitação pluviométrica que infiltra no subsolo e que efetivamente chega ao aquífero, recarregando o mesmo e, desta forma,

mantém os níveis d'água subterrânea ao longo do tempo. Esta condição foi aplicada na célula ativa mais alta de cada coluna do modelo. O valor da taxa de recarga foi definido durante a calibração em função dos dados de precipitação, sendo considerado um valor percentual médio da precipitação no período chuvoso.

Em função de fatores como topografia, ocorrência de cobertura vegetal e litologia do terreno foram definidas 7 zonas de recarga distintas na área modelada, segundo a Figura 5.7:

- ZONA 2 (azul) – Geral
- ZONA 3 (verde) – Pista de Pouso
- ZONA 4 (ciano) – Antiga Usina
- ZONA 5 (vinho) – Pilhas de Estéril
- ZONA 6 (roxo) – Drenagens
- ZONA 7 (bege) – Maciço da Barragem
- ZONA 8 (cinza) – Platô

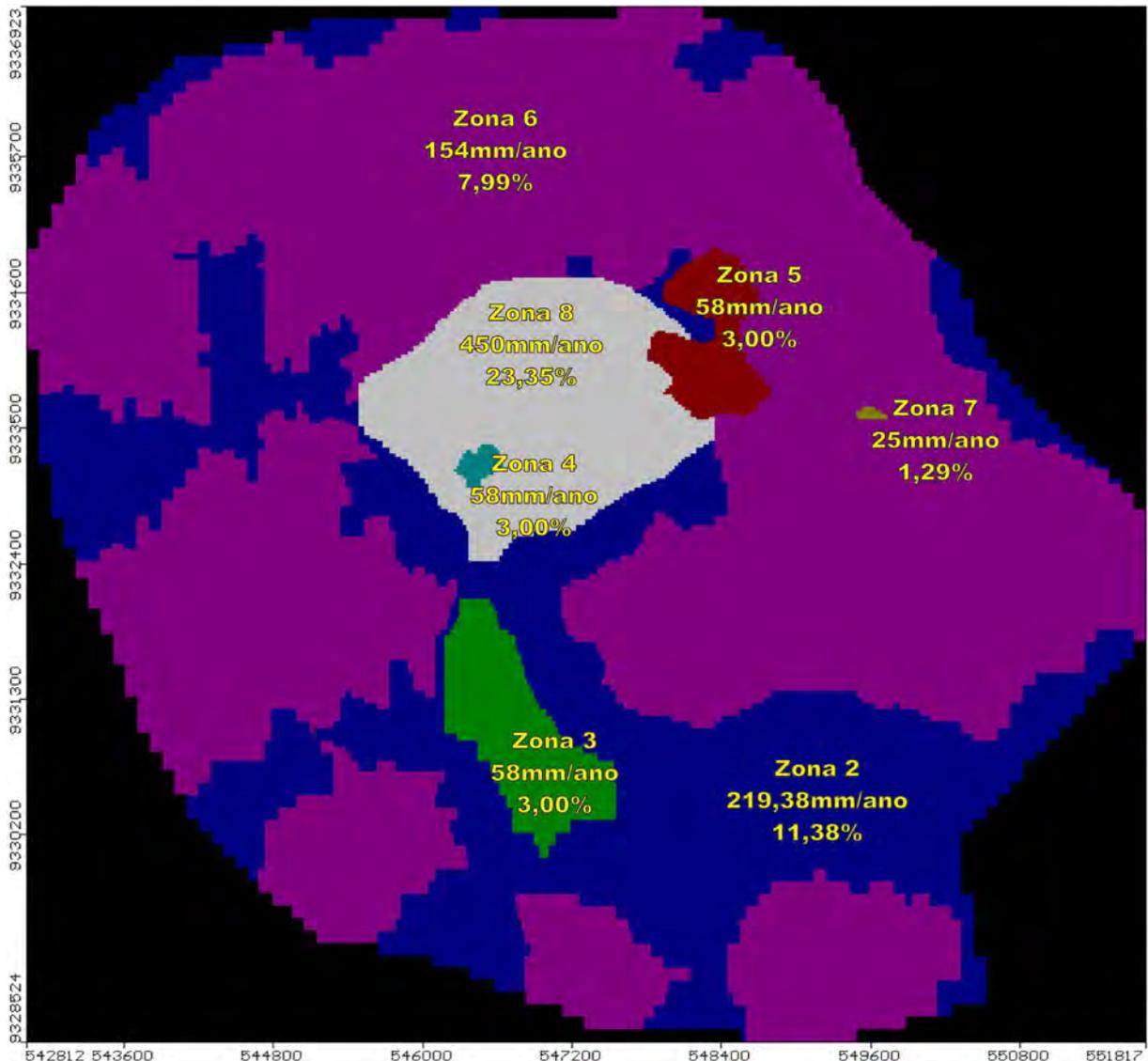


Figura 5.7: Zonas de recarga utilizadas no modelo, com respectivos valores de recarga e taxa de recarga.

5.3.1 Zonas de balanço (*Zone Budget*)

As zonas de balanço correspondem ao algoritmo que efetua o cálculo do balanço hídrico em células pré-determinadas, a partir do resultado das simulações. Esse balanço corresponde ao volume d'água que entra e sai em uma célula unitária ou conjunto de células as quais foram atribuídas as zonas de balanço. Os critérios utilizados para a delimitação das zonas de balanço correspondem aos cursos d'água monitorados pelos vertedouros 02, 01 e 07, como apresentado na Tabela 5.3 na Figura 5.8.

Tabela 5.3: Zonas de balanço utilizadas no modelo.

Cor	Z-BUD	CÓRREGO
	Zona 2	VT-02
	Zona 3	VT-01
	Zona 4	VT-07

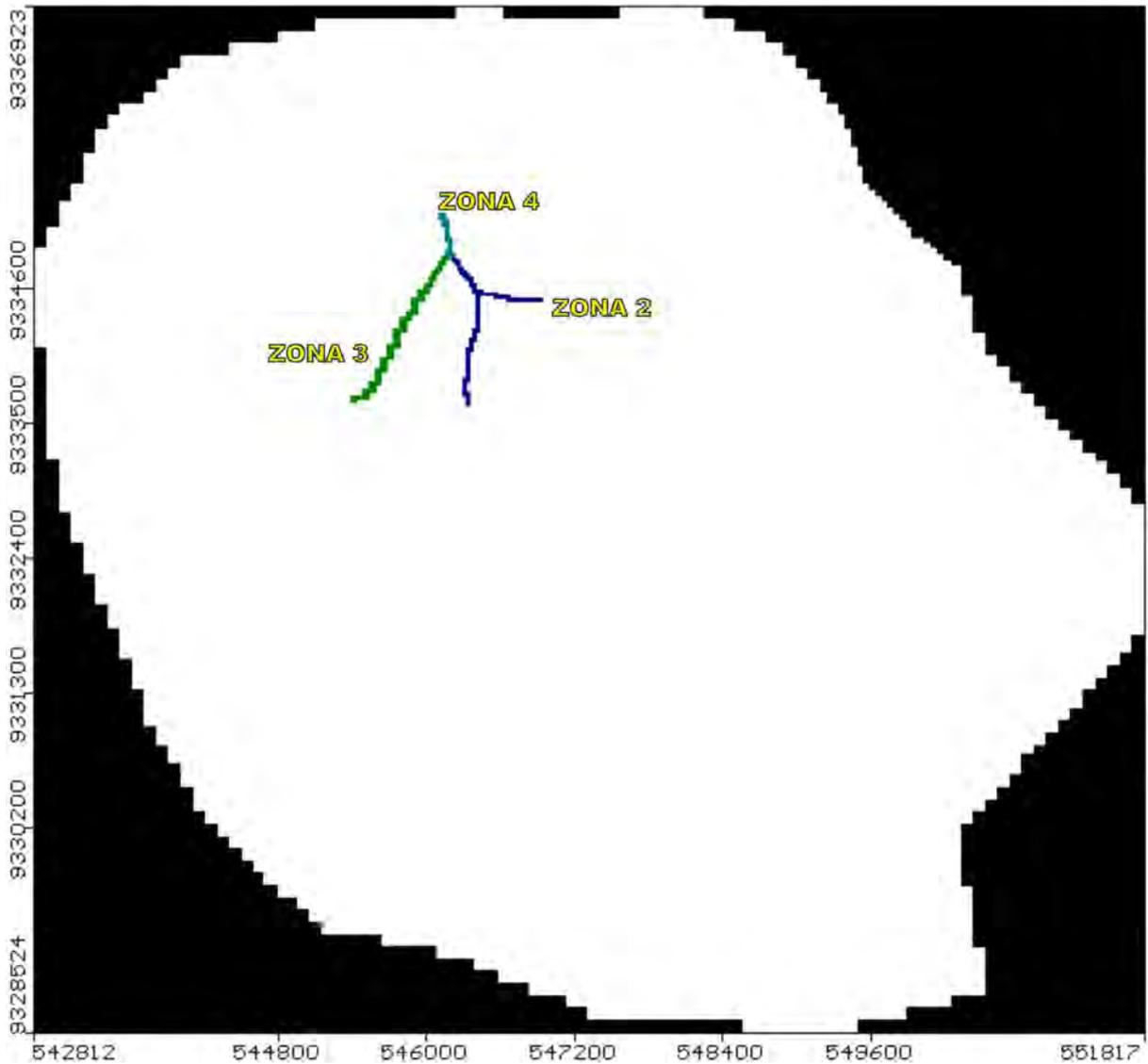


Figura 5.8: Zonas de balanço utilizadas no modelo.

6 CALIBRAÇÃO EM REGIME PERMANENTE

A calibração é um processo de ajuste dos parâmetros de entrada do modelo numérico, com o intuito de atingir um grau adequado de correspondência entre as condições simuladas numericamente e o sistema natural de fluxo. Ao mesmo tempo, as condições de contorno utilizadas devem respeitar o modelo conceitual pré-estabelecido.

O modelo numérico foi calibrado em regime estacionário, atualizando as condições de contorno à luz dos conhecimentos atuais – apresentado no capítulo do Modelo Conceitual (Relatório técnico R_1284WALM_VALE_ALEMAO_MC_RF). Durante esta calibração foram ajustadas as condutividades hidráulicas das unidades hidroestratigráficas, a recarga e os valores de condutância dos drenos.

Para calibração das vazões dos cursos d'água faz-se uma comparação dos valores monitorados com os valores calculados pelo modelo numérico. Para tanto, são utilizadas as zonas de balanço (“zone budget” ou “zbud”) para quantificar os volumes e taxas de entrada e saída de água (balanço de massa) dos elementos constituintes no modelo numérico.

6.1 SELEÇÃO DOS PONTOS DE CALIBRAÇÃO

Para a calibração do modelo numérico foram utilizados 3 pontos de medição de vazão e 83 instrumentos de observação de nível d'água e nascentes, compartimentados em cinco setores distintos (*layers*). Todos os dispositivos que foram utilizados na calibração do modelo em regime de escoamento permanente e as respectivas leituras de nível d'água inseridas para esse processo são listados abaixo na Tabela 6.1.

Tabela 6.1: Lista de instrumentos utilizados na calibração em regime permanente.

INSTRUMENTO	Setor	UTM N	UTM E	NA Observado (m)
MIBBIGPZ001	Layer 1	9333620.58	549702.10	383.23
MIBBIGPZ002	Layer 1	9333634.28	549704.76	381.22
MIBBIGPZ003	Layer 1	9333620.49	549661.20	380.82
MIBBIGPZ004	Layer 1	9333631.45	549663.36	378.47
MIBBIGPZ005	Layer 1	9333632.32	549663.62	377.97
MIBBIGPZ006	Layer 1	9333644.63	549665.79	378.03
MIBBIGPZ007	Layer 1	9333626.47	549631.86	380.56
MIBBIGPZ008	Layer 1	9333634.33	549633.41	379.29

Relatório do modelo numérico de simulação de fluxo subterrâneo para avaliação ambiental – Projeto Alemão

INSTRUMENTO	Setor	UTM N	UTM E	NA Observado (m)
MIBBIGPZ009	Layer 1	9333638.26	549634.10	377.98
MIBBIGPZ010	Layer 1	9333645.74	549645.44	377.83
MIBBIGPZ011	Layer 1	9333639.40	549604.90	380.27
MIBBIGPZ012	Layer 1	9333658.02	549602.40	379.03
MIBBIGPZ013	Layer 1	9333646.87	549635.90	376.68
MNA-01	Layer 2	9333512.56	547468.56	610.83
MNA-330	Layer 3	9332733.25	547453.47	574.51
MNA-331	Layer 4	9332838.13	547483.62	582.42
MNA-333	Layer 3	9333009.55	547584.14	593.18
N-10	Layer 2	9332030.00	546158.00	613.00
N-11	Layer 2	9333358.00	545395.00	588.00
N-12	Layer 2	9333434.00	545109.00	600.00
N-13	Layer 2	9333371.00	545261.00	561.00
N-14	Layer 2	9332615.00	548001.00	510.00
N-15	Layer 2	9332535.00	548133.00	492.00
N-19	Layer 2	9334291.00	548647.00	588.00
N-20	Layer 1	9331531.00	548206.00	523.00
N-21	Layer 2	9331578.00	548251.00	513.00
N-22	Layer 2	9331646.00	548363.00	532.00
N-23	Layer 2	9331401.00	547816.00	564.00
N-24	Layer 1	9332117.00	547300.00	590.00
N-25	Layer 2	9329461.00	546933.00	584.00
N-26	Layer 2	9333451.00	549149.00	449.00
N-27	Layer 2	9333270.00	548620.00	468.00
N-29	Layer 2	9334932.00	547502.00	564.00
N-31	Layer 2	9331450.00	547750.00	558.00
N-34	Layer 2	9334451.00	544952.00	588.00
N-35	Layer 2	9334507.00	544917.00	589.00
N-37	Layer 2	9329366.00	550035.00	600.00
N-38	Layer 2	9328989.00	547551.00	521.00
N-39	Layer 2	9334489.00	543839.00	573.00
N-4	Layer 2	9330624.00	546010.00	608.00
N-40	Layer 2	9333992.00	544120.00	605.00
N-41	Layer 2	9333938.00	544146.00	613.00
N-42	Layer 2	9331903.00	548969.00	472.00
N-43	Layer 2	9331898.00	548991.00	478.00
N-44	Layer 2	9332531.00	549154.00	419.00
N-45	Layer 2	9332790.00	549011.00	396.00
N-46	Layer 2	9331128.00	550539.00	603.00
N-47	Layer 2	9331376.00	550063.00	589.00
N-48	Layer 2	9331691.00	550234.00	480.00
N-49	Layer 2	9331417.00	549798.00	600.00
N-50	Layer 1	9332220.00	550725.00	525.00
N-51	Layer 3	9332255.00	550909.00	504.00

INSTRUMENTO	Setor	UTM N	UTM E	NA Observado (m)
N-53	Layer 2	9332509.00	551417.00	475.00
N-54	Layer 2	9332678.00	551100.00	424.00
N-55	Layer 1	9333143.00	551043.00	545.00
NAS1	Layer 2	9334292.21	546952.55	588.00
NAS10	Layer 2	9334849.02	546228.64	405.00
NAS2	Layer 2	9334849.02	546288.64	403.00
NAS3	Layer 2	9334785.50	546022.50	418.00
NAS6	Layer 2	9334544.60	546026.80	443.00
NAS9	Layer 2	9334413.00	545998.00	463.00
N-DF-01	Layer 2	9331976.00	548240.00	475.00
N-DF-03	Layer 2	9332801.00	549145.00	417.00
N-DF-05	Layer 2	9331260.00	550416.00	564.00
N-DF-06	Layer 2	9331462.00	550293.00	534.00
N-DF-07	Layer 2	9331589.00	550169.00	530.00
N-DF-09	Layer 2	9333201.00	550310.00	428.00
PZ01AP01	Layer 3	9333491.79	547548.70	607.70
PZ01AP05	Layer 4	9332974.76	547639.20	588.42
PZ01AP06	Layer 5	9333262.17	547579.85	601.78
PZ02AP01	Layer 3	9333462.70	547538.71	609.06
PZ02AP05	Layer 4	9332805.01	547441.19	578.01
PZ03AP01	Layer 3	9333424.78	547523.72	608.68
PZ03AP05	Layer 3	9333017.50	547402.30	601.74
PZ03FP03	Layer 2	9332914.81	547969.61	608.55
PZ04AP01	Layer 2	9333491.17	547607.11	609.10
PZ04AP02	Layer 1	9333757.56	547265.56	611.26
SGMNA01	Layer 2	9332597.73	547391.69	564.33
SGMNA02	Layer 2	9332789.80	547549.70	579.60
SGMNA04	Layer 4	9333070.77	547496.73	606.41
SGMNA05	Layer 3	9333294.79	547428.72	607.48
SGMNA08	Layer 2	9333769.56	547521.56	609.76
SGMNA10	Layer 2	9333880.56	547178.56	608.42

6.2 RESULTADOS

A calibração do modelo numérico de fluxo foi realizada em regime estacionário, utilizando dados de nível de água subterrânea medidos nos instrumentos. Durante o processo de calibração foram variados os valores de condutividade hidráulica, recarga e condutância, de modo a minimizar a média quadrática dos erros normalizados.

A Tabela 6.2 mostra o comparativo entre os valores obtidos a partir das leituras do nível d'água e os calculados durante o processo de calibração, para cada instrumento inserido no modelo numérico.

Tabela 6.2: Comparativo entre os valores observados e os obtidos na calibração do modelo numérico.

INSTRUMENTO	UTM N	UTM E	NA Observado (m)	NA Calculado (m)	Calc. - Obs. (m)
MIBBIGPZ001	9333620.58	549702.10	383.23	396.62	13.39
MIBBIGPZ002	9333634.28	549704.76	381.22	397.60	16.38
MIBBIGPZ003	9333620.49	549661.20	380.82	392.33	11.51
MIBBIGPZ004	9333631.45	549663.36	378.47	392.79	14.32
MIBBIGPZ005	9333632.32	549663.62	377.97	392.83	14.86
MIBBIGPZ006	9333644.63	549665.79	378.03	392.55	14.52
MIBBIGPZ007	9333626.47	549631.86	380.56	390.56	10.00
MIBBIGPZ008	9333634.33	549633.41	379.29	390.60	11.31
MIBBIGPZ009	9333638.26	549634.10	377.98	390.29	12.31
MIBBIGPZ010	9333645.74	549645.44	377.83	390.43	12.60
MIBBIGPZ011	9333639.40	549604.90	380.27	388.72	8.45
MIBBIGPZ012	9333658.02	549602.40	379.03	385.62	6.59
MIBBIGPZ013	9333646.87	549635.90	376.68	389.34	12.66
MNA-01	9333512.56	547468.56	610.83	603.84	-6.99
MNA-330	9332733.25	547453.47	574.51	601.82	27.31
MNA-331	9332838.13	547483.62	582.42	599.37	16.95
MNA-333	9333009.55	547584.14	593.18	604.44	11.26
N-10	9332030.00	546158.00	613.00	593.88	-19.12
N-11	9333358.00	545395.00	588.00	578.17	-9.83
N-12	9333434.00	545109.00	600.00	578.64	-21.36
N-13	9333371.00	545261.00	561.00	569.63	8.63
N-14	9332615.00	548001.00	510.00	526.48	16.48
N-15	9332535.00	548133.00	492.00	503.28	11.28
N-19	9334291.00	548647.00	588.00	560.02	-27.98
N-20	9331531.00	548206.00	523.00	526.96	3.96
N-21	9331578.00	548251.00	513.00	533.15	20.15
N-22	9331646.00	548363.00	532.00	536.94	4.94
N-23	9331401.00	547816.00	564.00	570.61	6.61
N-24	9332117.00	547300.00	590.00	575.22	-14.78
N-25	9329461.00	546933.00	584.00	591.78	7.78
N-26	9333451.00	549149.00	449.00	451.41	2.41
N-27	9333270.00	548620.00	468.00	491.63	23.63
N-29	9334932.00	547502.00	564.00	551.54	-12.46
N-31	9331450.00	547750.00	558.00	567.18	9.18
N-34	9334451.00	544952.00	588.00	561.84	-26.16
N-35	9334507.00	544917.00	589.00	559.67	-29.33
N-37	9329366.00	550035.00	600.00	601.43	1.43

Relatório do modelo numérico de simulação de fluxo subterrâneo para avaliação ambiental – Projeto Alemão

INSTRUMENTO	UTM N	UTM E	NA Observado (m)	NA Calculado (m)	Calc. - Obs. (m)
N-38	9328989.00	547551.00	521.00	535.23	14.23
N-39	9334489.00	543839.00	573.00	549.16	-23.84
N-4	9330624.00	546010.00	608.00	610.85	2.85
N-40	9333992.00	544120.00	605.00	580.85	-24.15
N-41	9333938.00	544146.00	613.00	584.74	-28.26
N-42	9331903.00	548969.00	472.00	498.78	26.78
N-43	9331898.00	548991.00	478.00	501.43	23.43
N-44	9332531.00	549154.00	419.00	445.40	26.40
N-45	9332790.00	549011.00	396.00	417.53	21.53
N-46	9331128.00	550539.00	603.00	605.29	2.29
N-47	9331376.00	550063.00	589.00	583.76	-5.24
N-48	9331691.00	550234.00	480.00	516.40	36.40
N-49	9331417.00	549798.00	600.00	595.06	-4.94
N-50	9332220.00	550725.00	525.00	518.31	-6.69
N-51	9332255.00	550909.00	504.00	520.43	16.43
N-53	9332509.00	551417.00	475.00	502.49	27.49
N-54	9332678.00	551100.00	424.00	454.55	30.55
N-55	9333143.00	551043.00	545.00	507.40	-37.60
NAS1	9334292.21	546952.55	588.00	555.67	-32.33
NAS10	9334849.02	546228.64	405.00	390.08	-14.92
NAS2	9334849.02	546288.64	403.00	419.21	16.21
NAS3	9334785.50	546022.50	418.00	434.99	16.99
NAS6	9334544.60	546026.80	443.00	459.91	16.91
NAS9	9334413.00	545998.00	463.00	494.48	31.48
N-DF-01	9331976.00	548240.00	475.00	490.20	15.20
N-DF-03	9332801.00	549145.00	417.00	425.01	8.01
N-DF-05	9331260.00	550416.00	564.00	582.83	18.83
N-DF-06	9331462.00	550293.00	534.00	551.54	17.54
N-DF-07	9331589.00	550169.00	530.00	532.62	2.62
N-DF-09	9333201.00	550310.00	428.00	439.37	11.37
PZ01AP01	9333491.79	547548.70	607.70	601.11	-6.59
PZ01AP05	9332974.76	547639.20	588.42	595.43	7.01
PZ01AP06	9333262.17	547579.85	601.78	597.15	-4.63
PZ02AP01	9333462.70	547538.71	609.06	601.39	-7.67
PZ02AP05	9332805.01	547441.19	578.01	600.50	22.49
PZ03AP01	9333424.78	547523.72	608.68	601.88	-6.80
PZ03AP05	9333017.50	547402.30	601.74	613.33	11.59
PZ03FP03	9332914.81	547969.61	608.55	580.26	-28.29
PZ04AP01	9333491.17	547607.11	609.10	603.24	-5.86
PZ04AP02	9333757.56	547265.56	611.26	606.16	-5.10
SGMNA01	9332597.73	547391.69	564.33	606.08	41.75
SGMNA02	9332789.80	547549.70	579.60	601.33	21.73
SGMNA04	9333070.77	547496.73	606.41	602.09	-4.32
SGMNA05	9333294.79	547428.72	607.48	604.95	-2.53

INSTRUMENTO	UTM N	UTM E	NA Observado (m)	NA Calculado (m)	Calc. - Obs. (m)
SGMNA08	9333769.56	547521.56	609.76	603.49	-6.27
SGMNA10	9333880.56	547178.56	608.42	589.55	-18.87

Na Figura 6.1 é apresentado um gráfico de dispersão mostrando a correspondência obtida entre as cargas hidráulicas observadas (eixo X) e as calculadas pelo modelo (eixo Y) nos instrumentos de monitoramento de nível d'água.

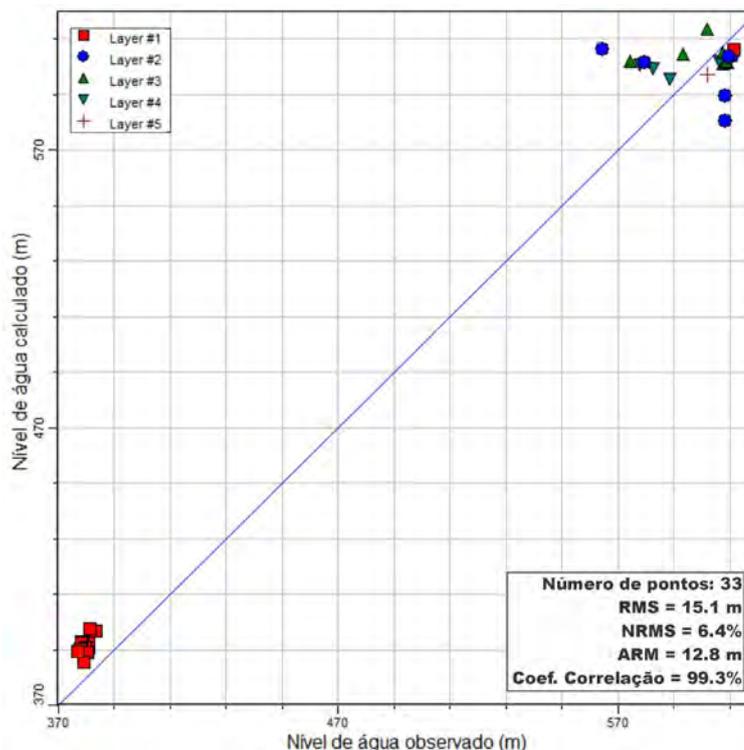


Figura 6.1: Gráfico de calibração dos instrumentos em regime permanente.

O gráfico apresentado indica uma boa calibração obtida, com erro médio global normalizado (NRMS - *Normalized Root Mean Squared*) de 6.4%, uma vez que, em geral, valores de NRMS abaixo a 10% são entendidos como um bom indicativo do processo de calibração.

Visualmente, dos grupos de instrumentos analisados, os que apresentaram as maiores dispersões foram aqueles localizados na *Layer 2*, enquanto que os demais se ajustaram melhor à reta de calibração. Quantitativamente, 60% desses instrumentos apresentaram erro superior a 10 m, ao passo que 30% exibiram valores de dispersão inferiores a 10 m e 10% dos instrumentos apresentaram, ainda, diferenças entre os valores observados e calculados menores do que 5 m.

Na Figura 6.2 é apresentado um gráfico de dispersão mostrando a correspondência obtida entre as cargas hidráulicas observadas (eixo X) e as calculadas pelo modelo (eixo Y) nas nascentes.

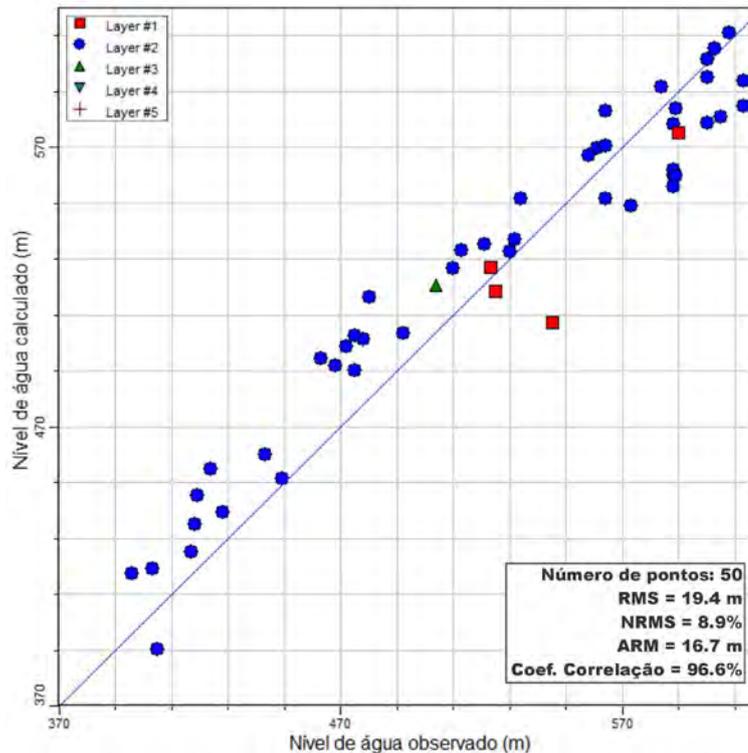


Figura 6.2: Gráfico de calibração das nascentes em regime permanente.

O gráfico apresentado indica uma boa calibração obtida, com erro médio global normalizado (NRMS - *Normalized Root Mean Squared*) de 8.9%, uma vez que, em geral, valores de NRMS abaixo a 10% são entendidos como um bom indicativo do processo de calibração.

Visualmente, dos grupos de instrumentos analisados, os que apresentaram as maiores dispersões também foram aqueles localizados na *Layer 2*, apesar do maior erro se encontrar na *Layer 2* (nascente N-55/A), os demais se ajustaram melhor à reta de calibração. Quantitativamente, 68% desses instrumentos apresentaram erro superior a 10 m, ao passo que 16% exibiram valores de dispersão inferiores a 10 m e 16% dos instrumentos apresentaram, ainda, diferenças entre os valores observados e calculados menores do que 5 m.

Adicionalmente, para verificar a eficácia da calibração do modelo numérico, são também realizadas análises do balanço de massa nos vertedouros e um comparativo entre as vazões obtidas em campo e aquelas calculadas pelo modelo. O balanço de massa obtido pode ser visto pelo gráfico da Figura 6.3.

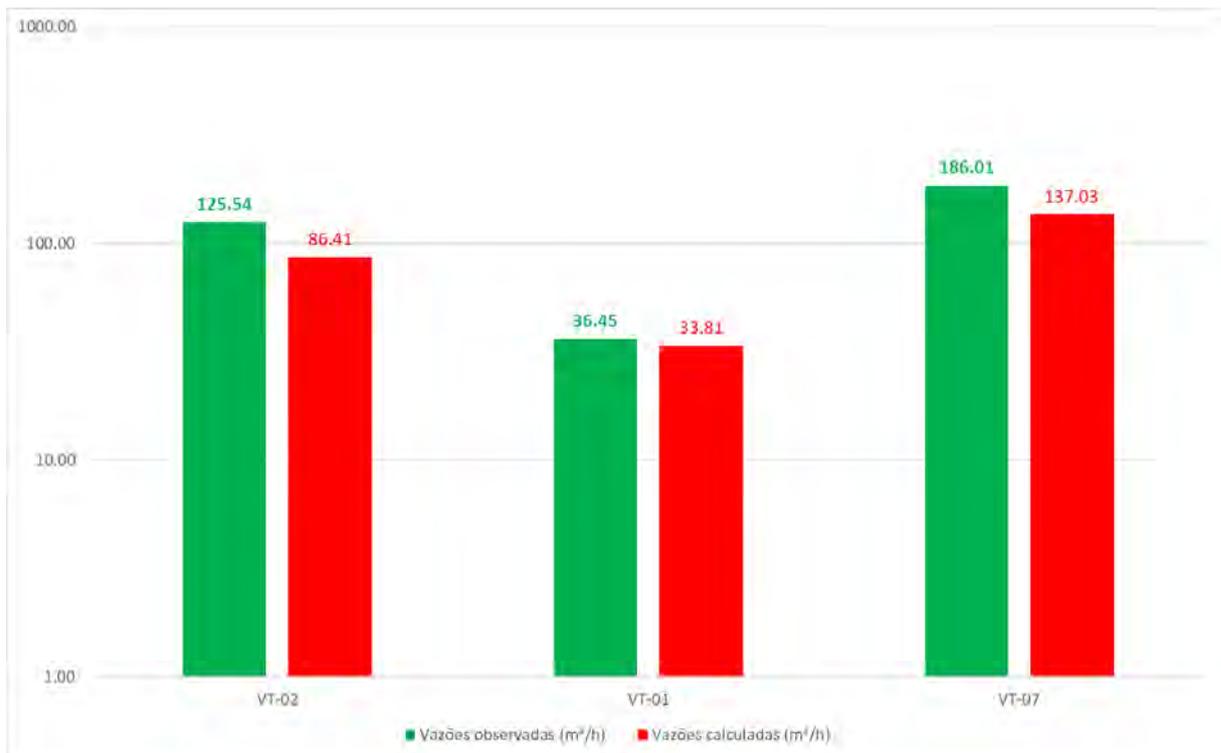


Figura 6.3: Gráfico do balanço de massa do modelo numérico.

Sobre as vazões dos cursos d'água, a Tabela 6.3 mostra o comparativo entre os valores medidos em campo e os calculados pelo modelo numérico. Como pode ser observado, a calibração obteve resultados distintos, com diminuição dos valores de vazões calculadas nos cursos d'água presentes na área de interesse.

Tabela 6.3: Comparativo entre as vazões observadas em campo e as obtidas pela calibração do modelo numérico.

Cor	Zona de Balanço	Unidades hidrogeológicas discretizadas	Vazões observadas (m³/h)	Vazões calculadas (m³/h)	Calc. - Obs. (m³/h)	Variação (%)
	2	VT-02	125.54	86.41	-39.13	-31.17
	3	VT-01	36.45	33.81	-2.64	-7.24
	4	VT-07	186.01	137.03	-48.98	-26.33

As maiores variações ocorrem nas zonas de balanço 2 e 4, com diminuição da vazão de 31,17% e 26,33%, respectivamente, e a menor variação ocorreu na zona de balanço 2, com 7,24% de diminuição da vazão calculada.

A Figura 6.4 a seguir mostra as linhas equipotenciais e a direção do fluxo, indicada pelos vetores, resultantes da calibração em regime de fluxo estacionário.

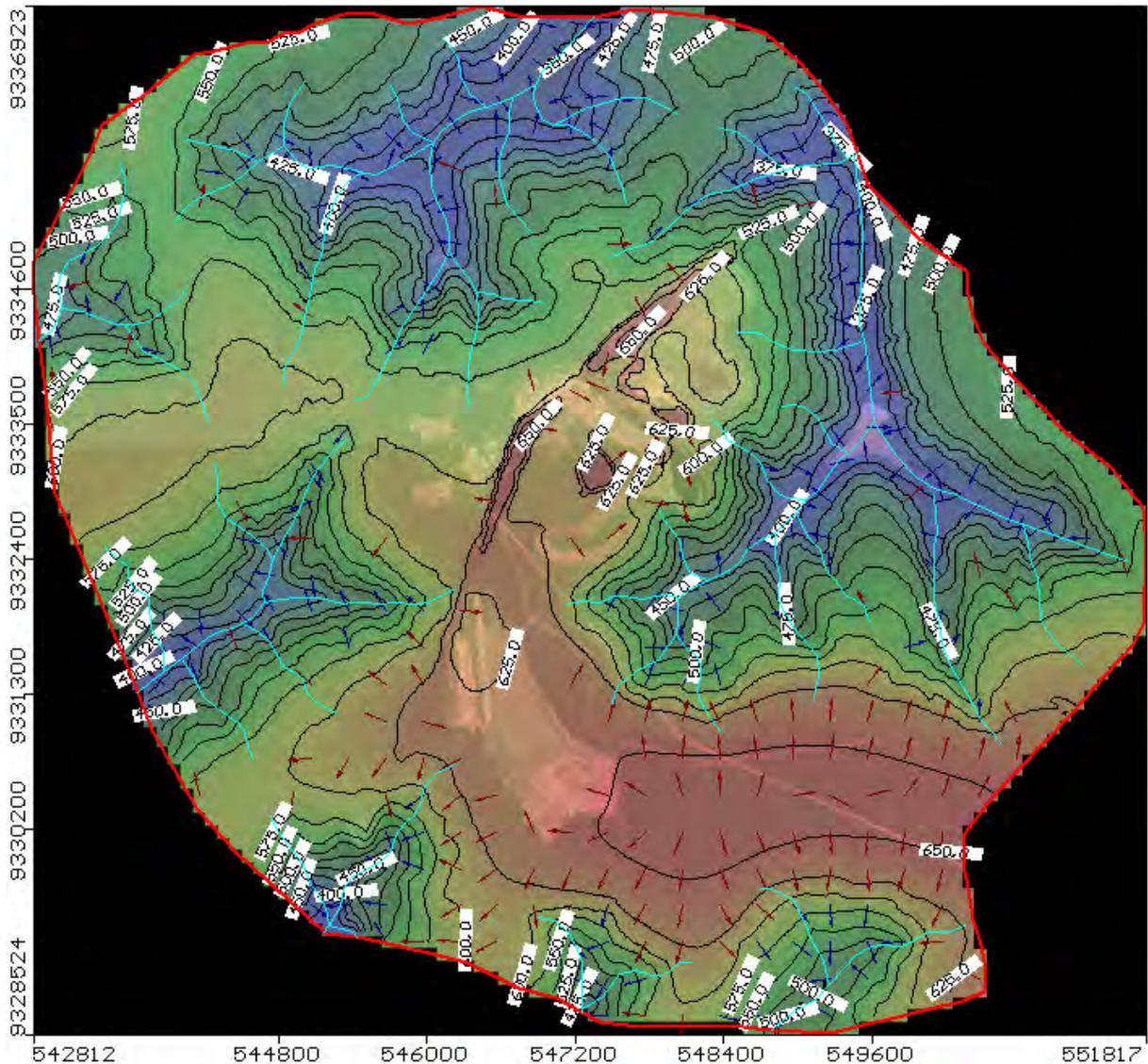


Figura 6.4: Mapa potenciométrico obtido após a calibração do modelo em regime permanente.

7 SIMULAÇÃO

Neste capítulo, estão explicitados a simulação preliminar, os 4 cenários de simulação e as análises adicionais, definidos de acordo com as demandas expostas pelo cliente. Todas as simulações foram feitas em regime permanente, com intuito de analisar os cenários de uma forma mais conservadora.

As geometrias, que foram construídas pela empresa NCL - *Consultoria em Ingeniería en Minas*, representam os cenários fixos no tempo e que não se conectam uns aos outros. A sequência das simulações, por sua vez, foi definida a partir do planejamento de lavra definido pela VALE. A Tabela 7.1 exibe as descrições para cada cenário de simulação de desaguamento.

Tabela 7.1: Cenários de desaguamento e recuperação.

Cenário	Descrição
2	Vazão de todas as estruturas interligadas
4	Vazão no nível -97 e lavra no painel 203
5	Vazão no nível -97 e lavra no painel -97
6	Recuperação da Lavra

7.1 SIMULAÇÃO PRELIMINAR

Após a calibração do modelo, foi necessário desenvolver uma simulação preliminar para balizar alguns parâmetros hidrodinâmicos que são oriundos da última atividade no local, que foi o desenvolvimento das cavas a céu aberto e da galeria Alemão.

7.1.1 Galeria Alemão

Antes de seguir para a simulação dos cenários, foi necessário calibrar a condutância dos drenos na galeria Alemão para que pudessem retirar a máxima vazão monitorada, afim de atribuir o valor de condutância calibrado na discretização dos drenos das galerias dos cenários de simulação, e assim, seguir por uma trajetória mais conservadora nas análises desde o início do processo de simulações. Posto isso, temos que no vertedouro da galeria Alemão (VT-08), houve um registro de vazão de 163,88 m³/h no dia 09/07/2003, conforme apresentado no relatório de compilação de dados (Relatório técnico R_1284WALM_VALE_ALEMAO_MC_RF). Assim, foi obtida uma vazão calibrada de 164,89 m³/h e a condutância calibrada foi de 0,47 m²/dia.

Esse valor de condutância foi utilizado para os demais drenos utilizados nas simulações subsequentes.

7.1.2 Cavas a céu aberto

Para as cavas a céu aberto, foram inseridos drenos nos lagos das cavas, cujas condutâncias foram calibradas para atingir a última vazão registrada (31/05/2019) pelos vertedouros do Acampamento Sul (VT-09) e Furo 30 (VT-10). Contudo, para que a análise fosse mais próxima da realidade foi discretizada nova zona de recarga sobre a cava, chamada de Zona 9, cujo valor de recarga estipulado foi cerca duas vezes o valor assumido para a zona geral (Zona 2), ou seja, 500 mm/ano. Além disso, foi atribuída também uma nova zona de condutividade (Zona 26) que representasse o vazio nas cavas a céu aberto. Visto que o ar não possui condutividade foi atribuído um valor de condutividade extremamente elevado (acima de 60m/dia) sobre as cavas na primeira camada do modelo (Layer 1).

A nova disposição das zonas de recarga e de condutividade podem ser vistas na Figura 7.1 e na Figura 7.2, respectivamente.

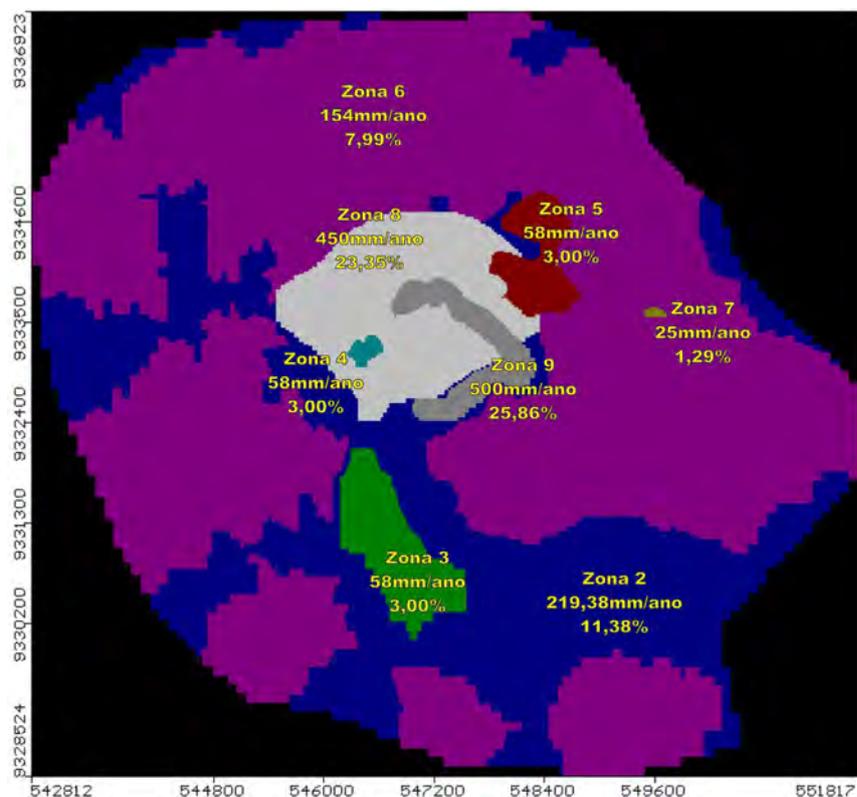


Figura 7.1: Nova zona de recarga discretizada.

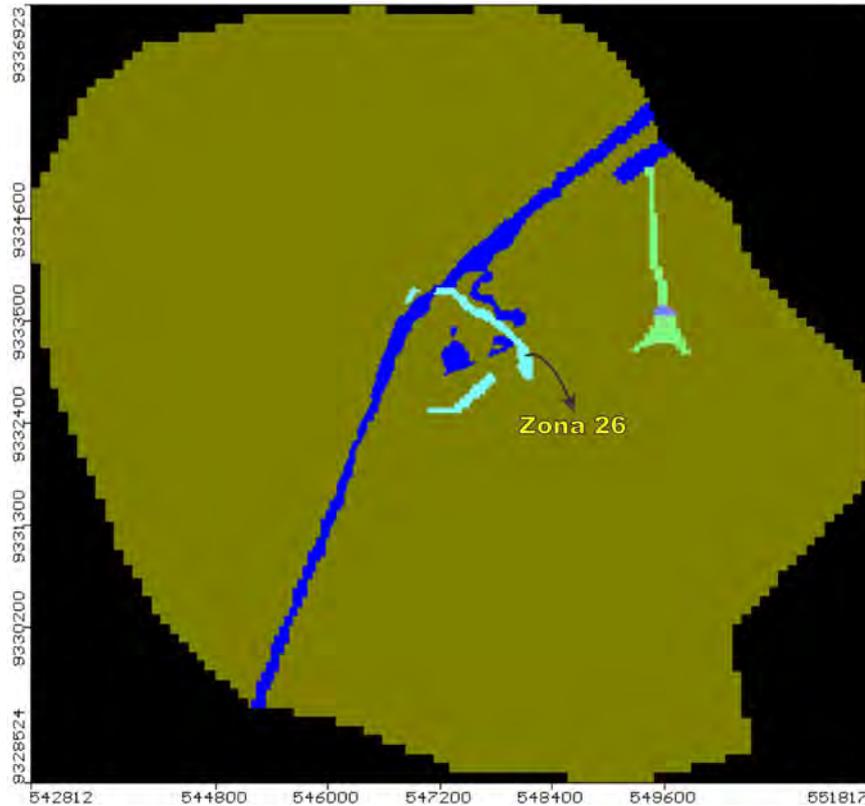


Figura 7.2: Zona de condutividade para representar o vazio das cavas.

Os valores de vazões monitorada e calculadas e de condutância são apresentados na Tabela 7.2. Reitera-se que a diferença da vazão monitorada pela vazão calculada é em razão do não cômputo dos cálculos de evapotranspiração pelo modelo numérico.

Tabela 7.2: Condutância e Vazão calculada para as cavas a céu aberto.

Vertedouro	Condutância (m ² /dia)	Vazão de Monitoramento (m ³ /h)	Vazão Calculada (m ³ /h)
VT-09 (ACP SUL)	100m ² /dia	7,48 m ³ /h	10,62 m ³ /h
VT-10 (FURO 30)	50m ² /dia	1,92m ³ /h	2,35 m ³ /h

Por fim, ao final do processo os valores de condutância calibrados e as novas disposições de recarga e condutividade foram atribuídos nos cenários de simulação posteriores.

7.2 CENÁRIO 2

No cenário 2, ocorre o avanço das galerias até a cota de 203m para a instalação da infraestrutura da mina, como a estação de bombeamento, oficinas e maquinário. Ocorre também a junção das galerias pré-existentes e o rompimento do gabro. Nesse contexto, ainda não há lavra e nem a existência dos cones de deformação. A vazão máxima calculada para esse cenário foi de 377.425 m³/h. A Figura 7.3 mostra as estruturas de desaguamento para esse cenário.

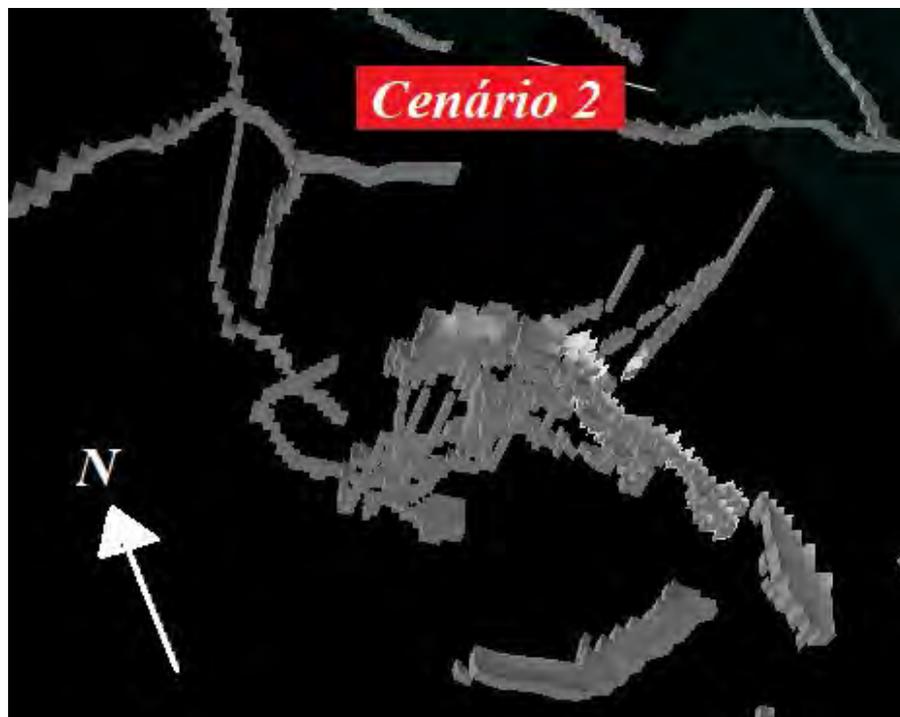


Figura 7.3: Estruturas de desaguamento do cenário 2.

7.3 CENÁRIO 4

O painel de lavra intermediário que alcança a cota de 203 m é representado pelo cenário 4 de simulação.

Neste cenário foram discretizadas duas novas zonas de recarga e de condutividade para representar as zonas de quebra e subsidência do cone intermediário de deformação, que atinge a cota 218 m.

Para as zonas de recarga, foi utilizado 80% da média da série histórica de anos hidrológicos para a zona de quebra e 100% da média para a zona de subsidência, perfazendo nesta sequência 1541.563 mm/ano e 1926.954 mm/ano. Com relação as zonas de condutividade, a Tabela 7.3. mostra os valores adotados para as zonas de

quebra e subsidência. Vale ressaltar, que as atribuições feitas à recarga e para a condutividade foram importadas do modelo numérico anterior realizado pela MDGEO em 2020 (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072),

Tabela 7.3: Condutividades hidráulicas para o cone de deformação no Cenário 4.

Novas Unidades Hidrogeológicas Discretizadas	K (cm/s)			K (m/dia)		
	Kx	Ky	Kz	Kx	Ky	Kz
Zona de quebra	1.18E-04	1.18E-04	1.18E-04	1.03E-01	1.03E-01	1.03E-01
Zona de subsidência	9.69E-04	9.69E-04	9.69E-04	8.38E-01	8.38E-01	8.38E-01

A Figura 7.4 mostra a localização das novas zonas de recarga que foram inseridas, sendo na zona 10 (azul) a zona de quebra e na zona 11 (verde) a zona de subsidência, e a Figura 7.5 indica tanto a extensão do cone intermediário de deformação, com a zona de quebra em vermelho e a o cone de subsidência em azul claro, quanto as condições de contorno para o painel de lavra desse cenário. A vazão máxima de desaguamento obtida para esse painel foi de 676.04 m³/h.



Figura 7.4: Zonas de recarga do cone de deformação no cenário 4.

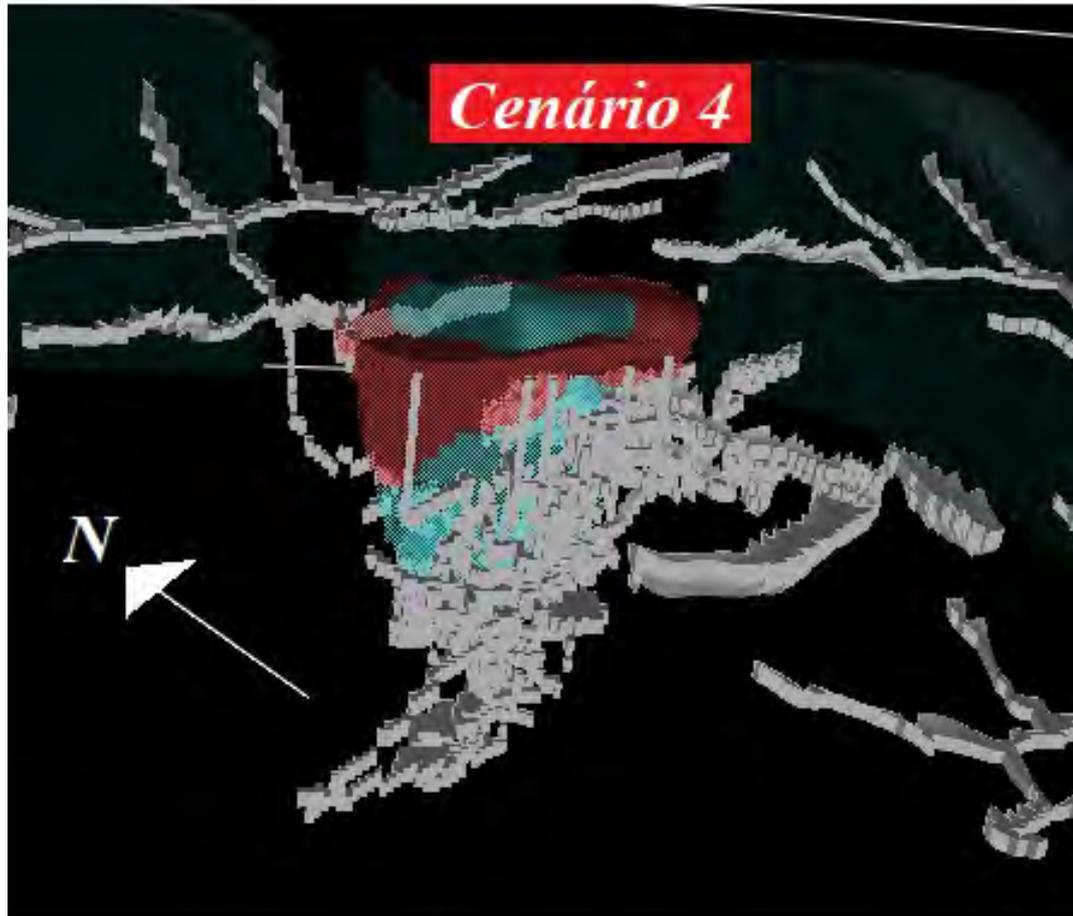


Figura 7.5: Cone de deformação e estruturas de desagüamento do Cenário 4.

7.4 CENÁRIO 5

O cenário 5 de simulação corresponde ao painel de lavra final, que atinge a cota de -97m. O cone de deformação neste cenário alcança seu maior raio e uma profundidade de -82 m. Os valores de recarga das zonas de quebra e subsidência permanecem os mesmos do cenário 4, porém suas dimensões se alteram como mostra a Figura 7.6. Já em relação as condutividades, os valores foram alterados ligeiramente, onde podemos observar na Tabela 7.4. Tais alterações também fizeram parte do modelo numérico anterior (Relatório técnico RL-1000IB-X-90072).

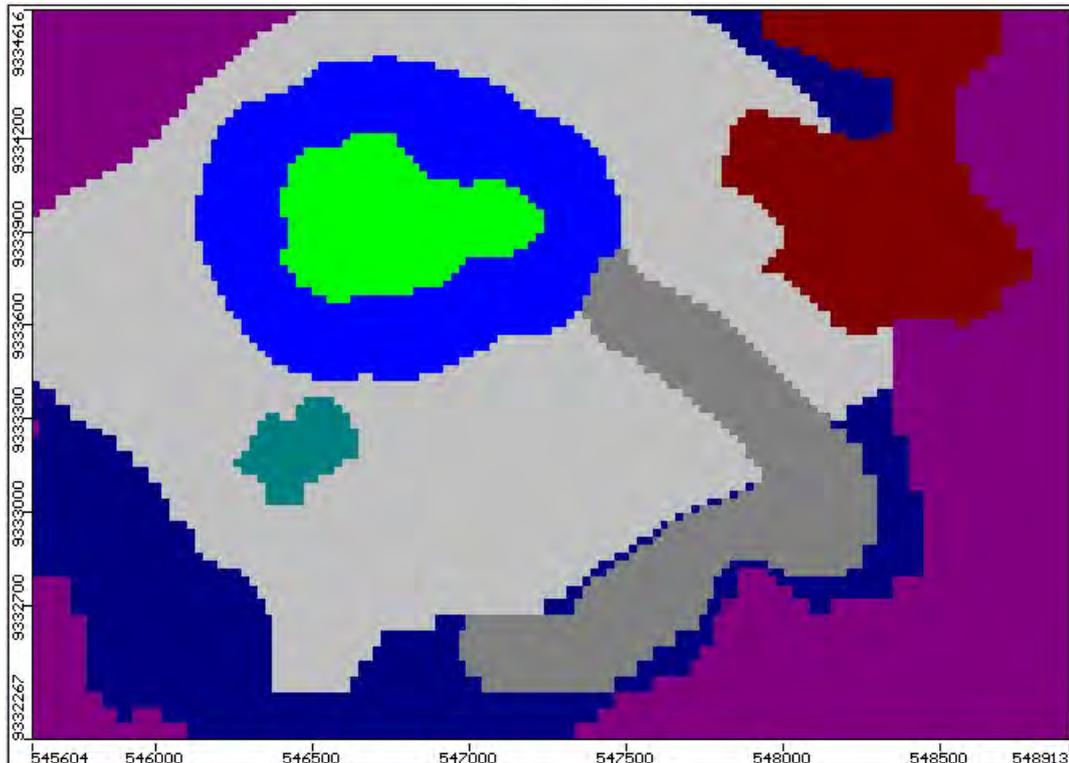


Figura 7.6: Zonas de recarga do cone de deformação no cenário 5.

Tabela 7.4: Condutividades hidráulicas para o cone de deformação no Cenário 5.

Novas Unidades hidrogeológicas Discretizadas	K (cm/s)			K (m/dia)		
	Kx	Ky	Kz	Kx	Ky	Kz
Zona de quebra	1.41E-04	1.41E-04	1.41E-04	1.22E-01	1.22E-01	1.22E-01
Zona de subsidência	1.03E-03	1.03E-03	1.03E-03	8.94E-01	8.94E-01	8.94E-01

A disposição das estruturas de desaguamento, bem como a configuração final dos cones pode ser visualizada na Figura 7.7. Para esse cenário, a vazão máxima calculada atinge um valor de 745.38 m³/h.

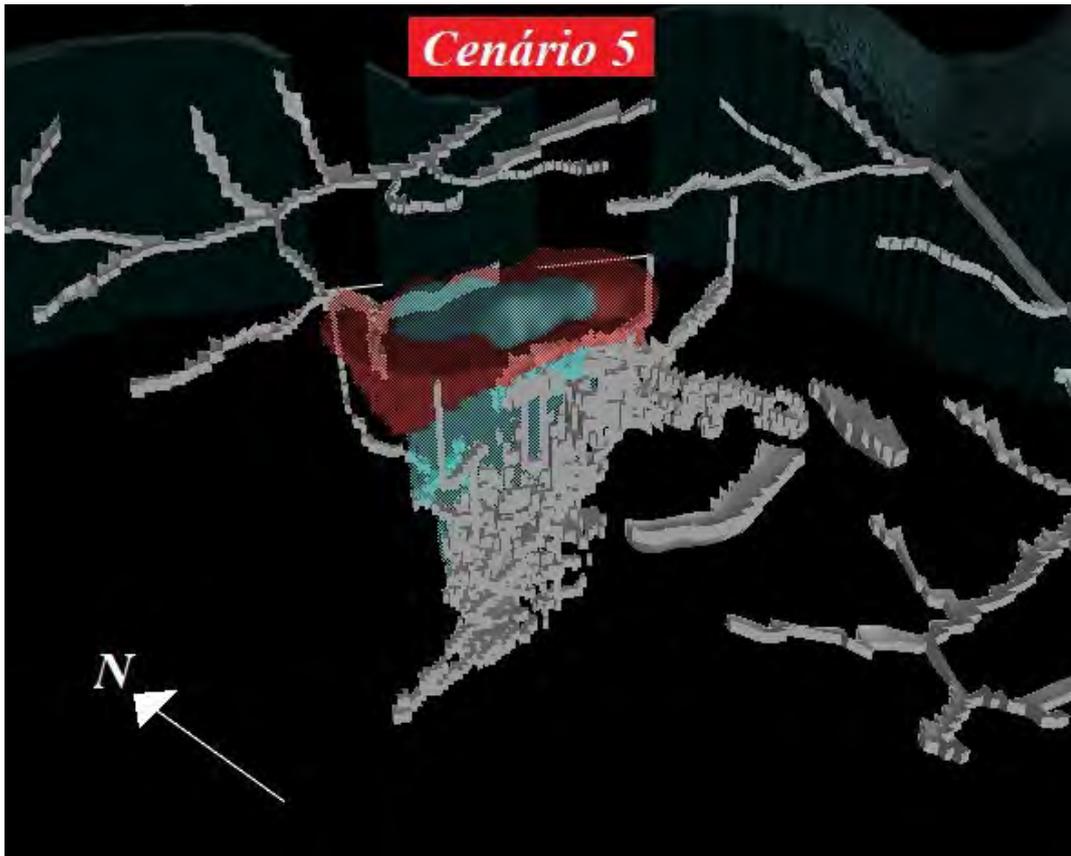


Figura 7.7: Cone de deformação e estruturas de desaguoamento do cenário 5.

7.5 CENÁRIO DE RECUPERAÇÃO DE NÍVEL D'ÁGUA – CENÁRIO 6

O cenário final de simulação representa o processo de recuperação do nível de água após o fechamento da Lavra Subterrânea do Alemão. Seguiu-se pela simulação em permanente nesse cenário para que fosse contemplada uma análise mais conservadora dos resultados, assim, para simula-lo, foram apenas desativados os drenos utilizados na representação das estruturas de desaguoamento do cenário 5 e em seguida avaliado os níveis d'água, vazões dos córregos e das microbacias.

A Figura 7.8, mostra de forma comparativa as cargas hidráulicas resultantes da calibração e do cenário de recuperação, além de evidenciar concomitantemente as diferenças quanto a distribuição das células secas (*dry cell*) no modelo numérico, para que possamos observar quais locais não tiveram uma recuperação total da disposição anterior do nível d'água.

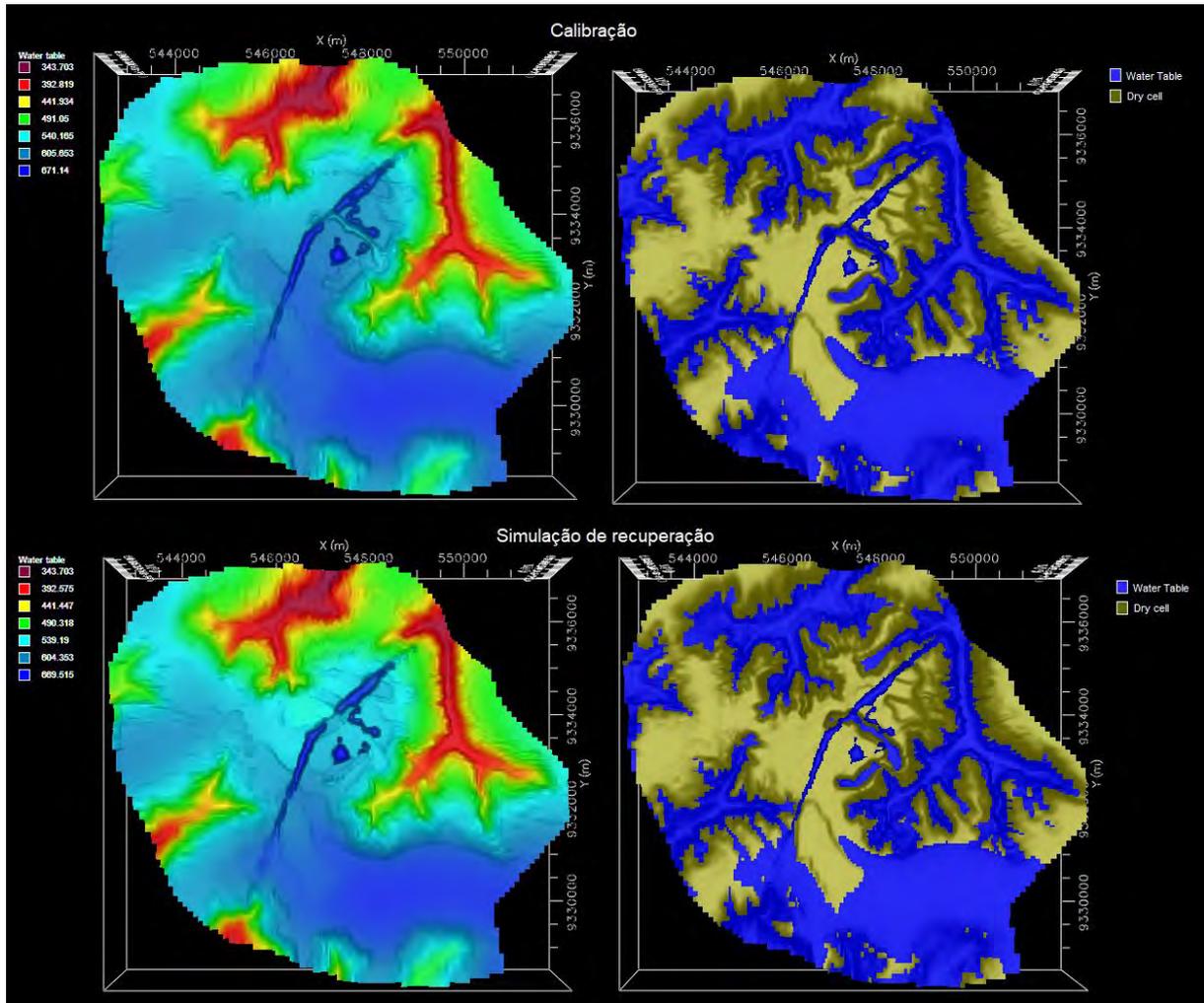


Figura 7.8: Comparativo entre as cargas hidráulicas e células secas obtidas na calibração e simulação de recuperação.

Vemos que, de forma geral a recuperação foi eficiente em toda área de estudo, apenas na região central do modelo que se concentraram as principais diferenças de nível d'água. Visto que, é a região onde aconteceram as maiores mudanças nas condições hidrodinâmicas desse sistema hidrogeológico.

7.6 ANÁLISE DE IMPACTOS

Dentre os resultados obtidos estão também as análises de impacto na região de estudo, feitas ao longo do processo de simulação dos cenários de operação e de recuperação. Foram abordados alguns pontos dentro dessas análises, sendo eles a vazão de córregos monitorados por vertedouros, o nível d'água na região de nascentes cadastradas e a vazão das microbacias englobadas pelo modelo numérico.

7.6.1 Vazão dos cursos d'água monitorados

Foi realizada uma análise nos cursos de água superficiais para a calibração e simulações com o intuito de avaliar a evolução da vazão dos mesmos ao longo dos cenários já descritos. Tendo em vista, que o presente trabalho se trata de uma perspectiva conservadora de análise dos resultados, temos então as vazões produzidas pelos cursos d'água no decorrer das simulações evidenciadas na Tabela 7.5. E na Tabela 7.6, podemos observar a diferença percentual e quantitativa entre as vazões de calibração e recuperação.

Tabela 7.5: Vazões dos cursos de água superficiais por cenário.

Zbud	Córrego	Vazão calibrada (m³/h)	Vazão calculada nas simulações (m³/h)			
			Cenário 2	Cenário 4	Cenário 5	Recuperação
Zona 2	VT-02	86.41	1.12	0.00	0	62.78
Zona 3	VT-01	33.81	3.03	0.00	0	23.21
Zona 4	VT-07	137.03	6.81	0.16	0	100.75

Vale ressaltar que os impactos podem ser mitigados pela vazão do sistema. Isso implica que o deságue da mina é suficiente para a manutenção do fluxo de base da região.

Tabela 7.6: Impacto sobre a vazão dos córregos naturais

Impacto nos córregos	Diferença vazão da calibração e do cenário de recuperação (%)	Diferença vazão da calibração e do cenário de recuperação (m³/h)
VT-02	-27	-24
VT-01	-31	-11
VT-07	-26	-36
Média	-28	-24

Podemos observar, que durante as operações os cursos d'água são bastante impactados, mas que na recuperação o impacto se estabeleceu em 28% (em média) da vazão dos três pontos monitorados, apenas com o desligamento das estruturas de desaguamento, assim com as devidas mitigações essa porcentagem tende a diminuir substancialmente.

7.6.2 Níveis d'água nas regiões de nascentes

Com relação ao impacto nas nascentes presentes no modelo, foi feita uma análise baseada nos níveis d'água locais para que indique quais nascentes deverão necessitar de atenção, tendo em vista o andamento das operações de lavra.

Ao todo foram 50 nascentes analisadas, onde na Figura 7.9 temos as porcentagens de variação entre o nível d’água ao longo dos cenários simulados e o nível d’água calibrado, nos locais que se encontram as nascentes. O ANEXO I no final do relatório mostra na íntegra os valores obtidos.

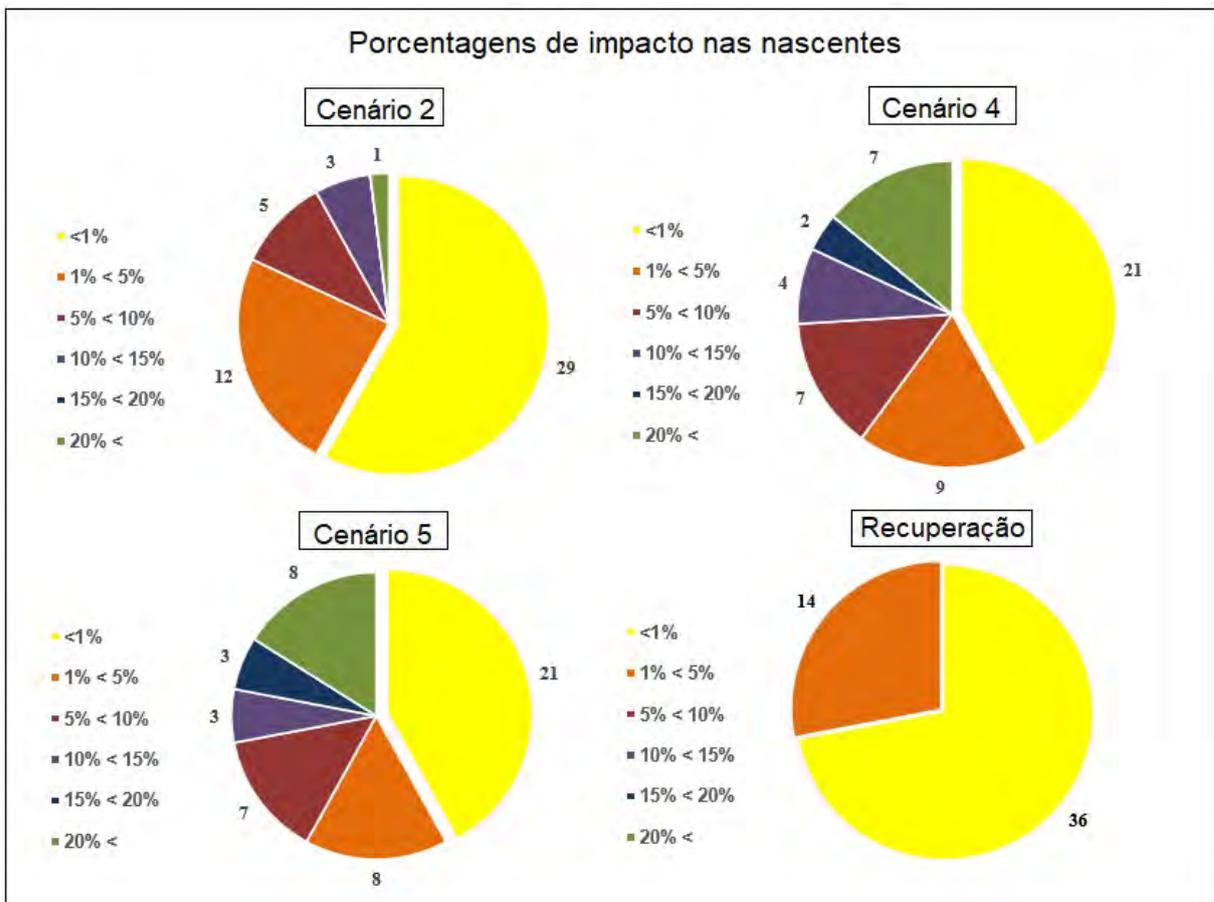


Figura 7.9: Porcentagem de variação entre os níveis d’água dos cenários simulados com o da calibração do modelo numérico.

A seguir, da Figura 7.10 à Figura 7.13 podemos observar de forma espacial as regiões das nascentes mais impactadas ao longo dos cenários de simulação.

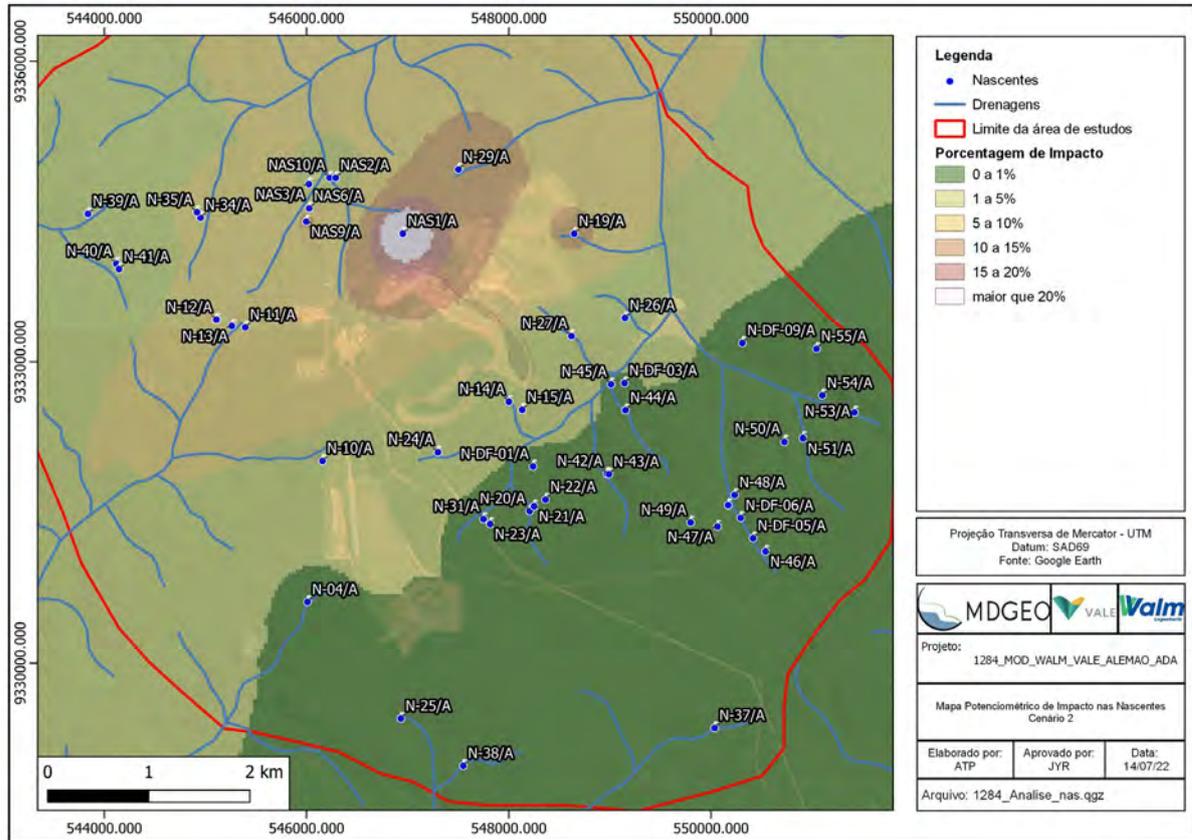


Figura 7.10: Mapa de porcentagem de impacto nas nascentes no cenário 2.

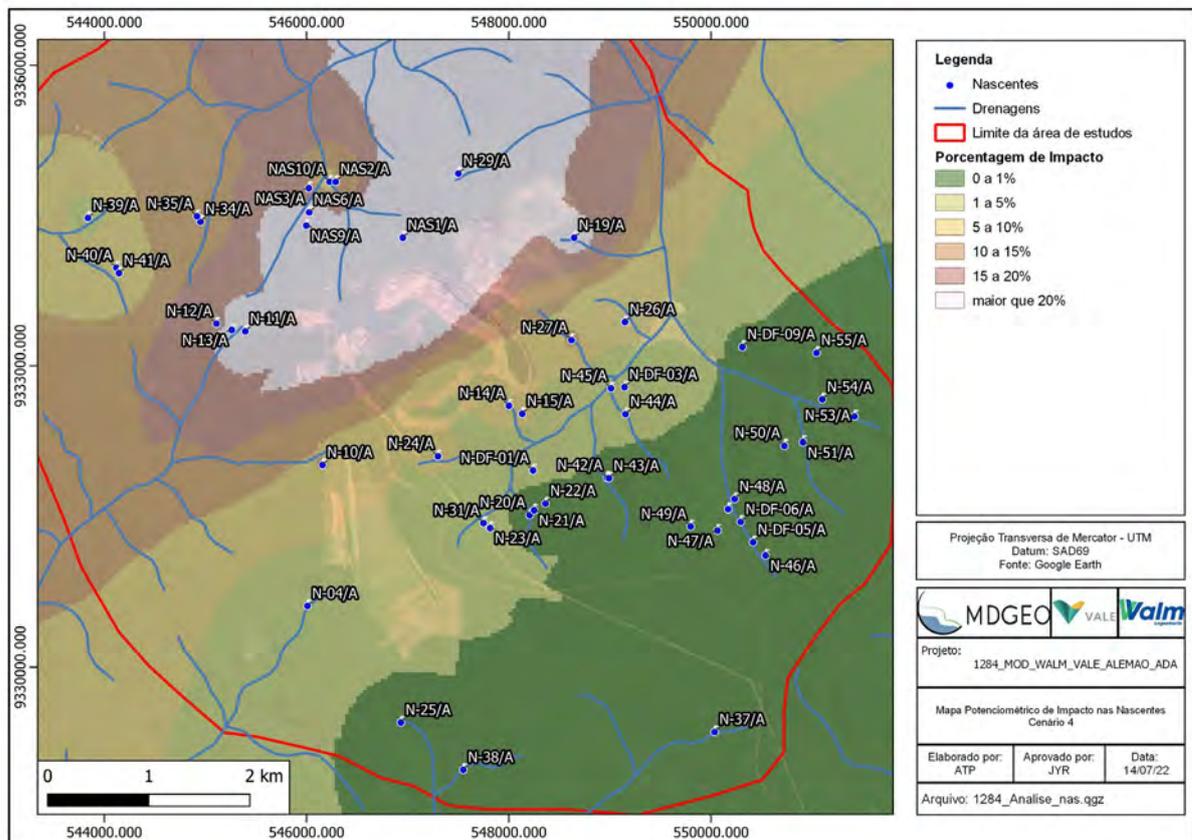


Figura 7.11: Mapa de porcentagem de impacto nas nascentes no cenário 4.

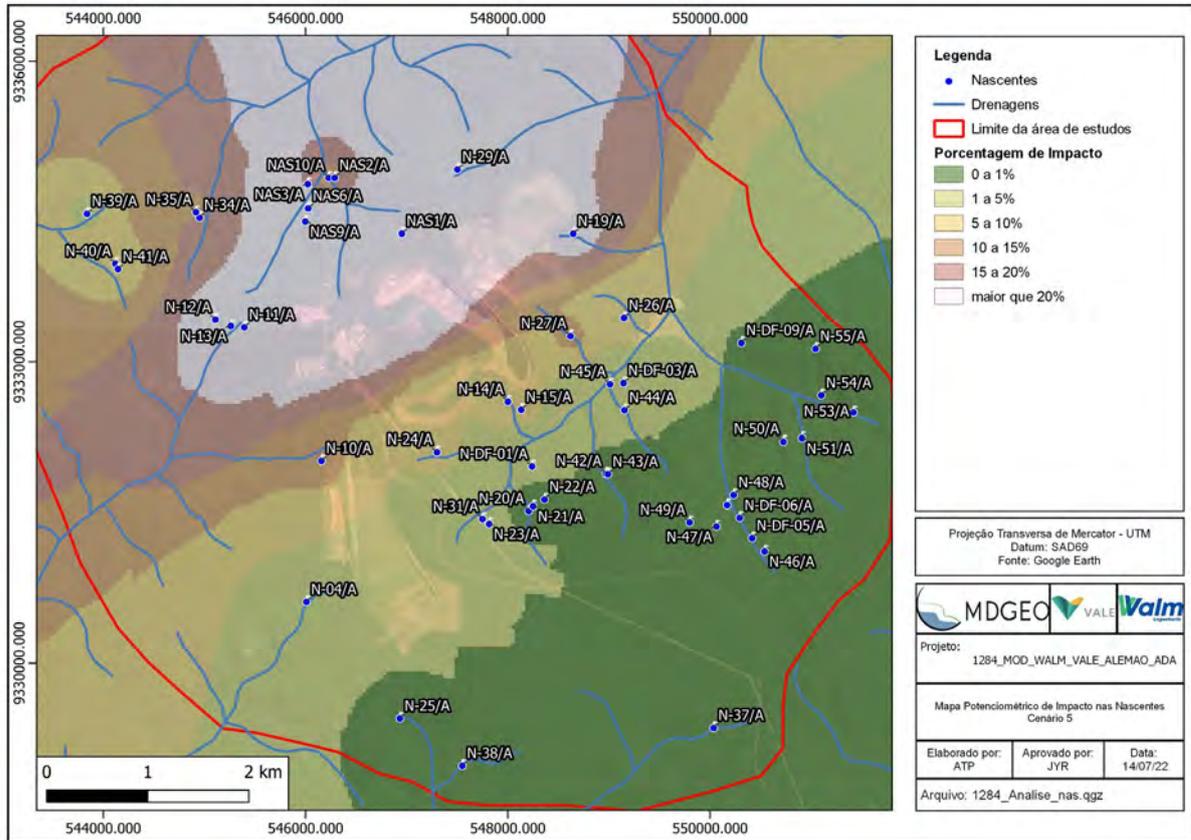


Figura 7.12: Mapa de porcentagem de impacto nas nascentes no cenário 5.

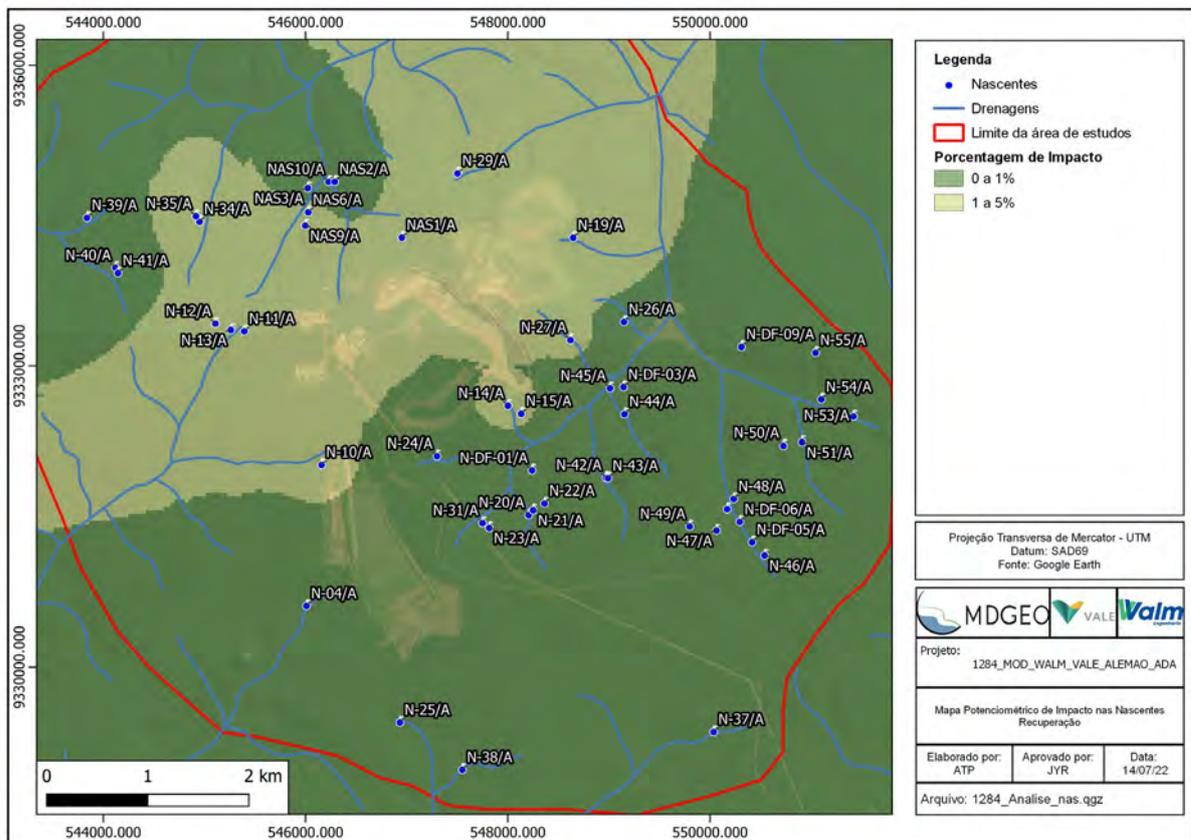


Figura 7.13: Mapa de porcentagem de impacto nas nascentes no cenário de recuperação.

7.6.3 Vazão global das microbacias

Por fim, foram avaliadas as vazões globais no modelo numérico, onde foram inseridas zonas de balanço nas microbacias contidas no modelo (Figura 7.14) e analisadas as vazões ao longo de todos os cenários de simulação e recuperação. Na Tabela 7.7, podemos observar a porcentagem de impacto global de cada cenário referente ao modelo calibrado e a diferença entre a vazão calibrada e a do cenário de recuperação.

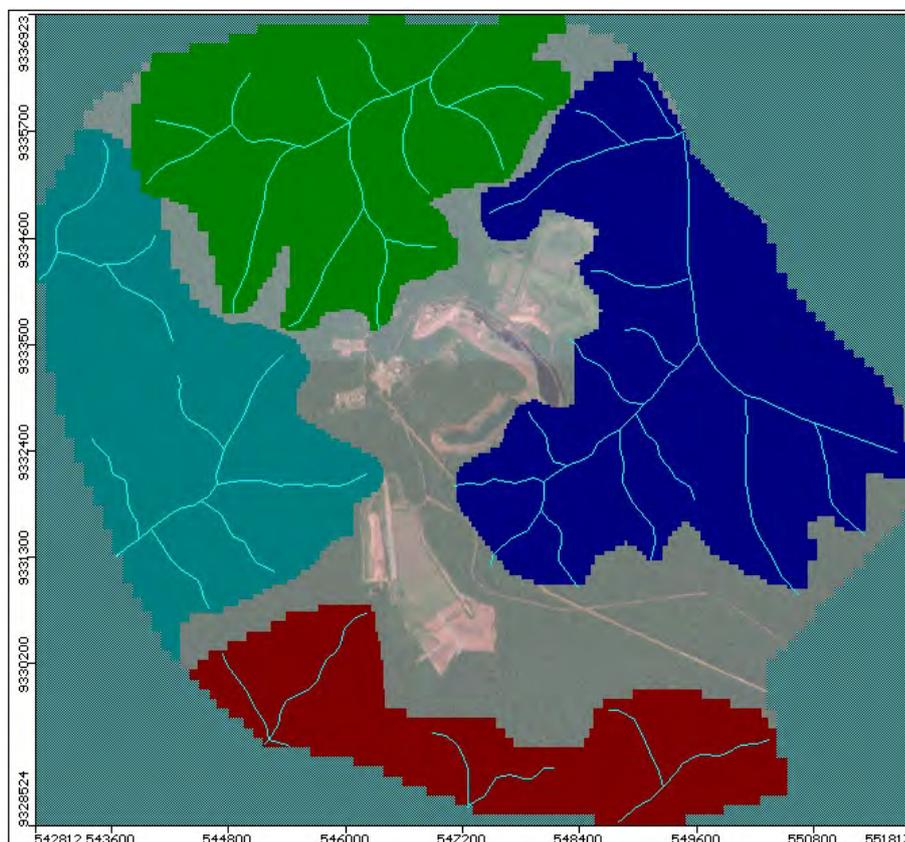


Figura 7.14: Disposição das zonas de balanço nas microbacias contidas no modelo numérico.

Tabela 7.7: Vazões calculadas para as microbacias ao longo dos cenários de simulação.

Zona de Balanço	Microbacia	Vazão (m³/dia)					Diferença entre vazão calibrada das bacias pela vazão simulada na recuperação
		Calibração	Cenário 2	Cenário 4	Cenário 5	Recuperação	
2	Leste	14270	9757	8084	7868	12759	-12%
3	Norte	7269	4873	3152	2857	6580	-10%
4	Oeste	6235	4893	3696	3528	5761	-8%
5	Sul	5842	5686	5519	5499	5778	-1%
% Impacto global			33.4%	64.4%	70.2%	8.9%	

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e resultados referentes ao modelo numérico hidrogeológico da região da antiga mina do Igarapé Bahia, atual Projeto Alemão, visando atender à uma solicitação do ICMBio para considerar toda a ADA (Área diretamente afetada) pela operação de mina.

As análises presentes nesse trabalho possuem um viés conservador, pois os dados inseridos durante o desenvolvimento do modelo foram os mais críticos, como exemplo a recarga atribuída nos cones de quebra e subsidência, nos quais as taxas podem estar superestimadas, visto que os cones ainda não existem e, portanto, não há como calibrar tais parâmetros.

Assim, foram feitas simulações em regime permanente de três cenários de operação e uma simulação do cenário de recuperação para avaliação dos impactos ambientais gerados, fornecendo assim, informações quantitativas e qualitativas para auxiliar no desenvolvimento das mitigações cabíveis. A partir dos coletados, tratados e gerados no presente relatório a MDGEO conclui que:

- Com relação aos vertedouros, a partir do cenário 2 observa-se uma queda substancial nas vazões, secando a contar do cenário 4. Contudo, há uma recuperação média de 72% dos valores dos três vertedouros no último cenário simulado, em relação aos valores obtidos na calibração;
- As nascentes mais impactadas se concentram na porção norte da área de estudo, onde devido ao surgimento do cone de subsidência na mesma região e de uma nova dinâmica hidrogeológica, os níveis d'água foram alterados localmente. Entretanto, após a simulação de recuperação vemos que a diferença entre o nível d'água final e o calibrado nas regiões das nascentes fica abaixo de 5%;
- De forma geral, as vazões que tiveram maiores diferenças com os valores da calibração foram na região da microbacia leste, pois a maior porção da ADA se localiza sobre essa zona, e na microbacia norte, por apresentar a influência do cone de subsidência nos cenários finais;
- A carga hidráulica do cenário de recuperação possui poucos desvios em relação a carga hidráulica da calibração do modelo, tendo em vista que,

mesmo ocorrendo mudanças nas dinâmicas hidrogeológicas e bombeamento de água subterrânea ao longo dos cenários simulados, os níveis d'água tendem a retomar suas configurações originais;

Segundo os resultados e conclusões obtidos a MDGEO recomenda:

- Revisão do modelo geológico e estrutural para área central e nos entornos do empreendimento;
- Produção de novos ensaios de campo para caracterização dos parâmetros hidrodinâmicos além da região da barragem;
- Dar continuidade no monitoramento do nível de água dos lagos localizados nas cavas do Acampamento Sul e Furo 30;
- Manter periodicidade e registro de monitoramento dos cursos d'água e dos níveis d'água subterrâneos. Adicionalmente recomenda-se a revisão da malha de monitoramento, principalmente dos recursos hídricos superficiais, como rios, córregos e igarapés.
- Em termos operacionais do empreendimento, é recomendado que seja feito um modelo em regime transiente, além de futuras atualizações e recalibrações do modelo numérico hidrogeológico em consonância com a evolução da lavra subterrânea, tendo em vista a necessidade de sempre realizar monitoramentos entre o que foi modelado e o a condição real.

ANEXOS

ANEXO I – VARIAÇÃO DOS NÍVEIS D'ÁGUA NAS REGIÕES DE NASCENTES AO LONGO DOS CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO COMPARADOS AO NÍVEL D'ÁGUA CALIBRADO

Name	X-World	Y-World	Calibração	Cenário 2	Difereça do calibrado (%)	Cenário 4	Difereça do calibrado (%)	Cenário 5	Difereça do calibrado (%)	Recuperação	Difereça do calibrado (%)
N-04/A	546010.00	9330624.00	610.85	607.62	-0.53	602.09	-1.43	601.38	-1.55	609.68	-0.19
N-10/A	546158.00	9332030.00	593.88	566.79	-4.56	534.38	-10.02	530.21	-10.72	586.68	-1.21
N-11/A	545395.00	9333358.00	578.17	530.96	-8.16	439.15	-24.05	422.34	-26.95	568.83	-1.62
N-12/A	545109.00	9333434.00	578.64	535.95	-7.38	466.94	-19.30	453.47	-21.63	569.71	-1.54
N-13/A	545261.00	9333371.00	569.63	530.94	-6.79	451.13	-20.80	436.00	-23.46	563.28	-1.11
N-14/A	548001.00	9332615.00	526.48	507.11	-3.68	487.52	-7.40	485.27	-7.83	518.67	-1.48
N-15/A	548133.00	9332535.00	503.28	490.22	-2.60	477.53	-5.12	475.82	-5.46	498.03	-1.04
N-19/A	548647.00	9334291.00	560.02	498.57	-10.97	440.54	-21.34	430.60	-23.11	544.34	-2.80
N-20/A	548206.00	9331531.00	526.96	526.10	-0.16	525.44	-0.29	525.36	-0.30	526.64	-0.06
N-21/A	548251.00	9331578.00	533.15	531.51	-0.31	530.22	-0.55	530.05	-0.58	532.57	-0.11
N-22/A	548363.00	9331646.00	536.94	535.36	-0.29	534.13	-0.52	533.96	-0.55	536.39	-0.10
N-23/A	547816.00	9331401.00	570.61	567.03	-0.63	563.71	-1.21	563.27	-1.29	569.29	-0.23
N-24/A	547300.00	9332117.00	575.22	569.01	-2.82	540.47	-6.04	538.26	-6.43	569.59	-0.98
N-25/A	546933.00	9329461.00	591.78	590.89	-0.15	589.47	-0.39	589.27	-0.42	591.49	-0.05
N-26/A	549149.00	9333451.00	451.41	436.32	-3.34	423.53	-6.18	421.34	-6.66	447.21	-0.93
N-27/A	548620.00	9333270.00	491.63	466.65	-5.08	440.05	-10.49	434.75	-11.57	485.39	-1.27
N-29/A	547502.00	9334932.00	551.54	491.49	-10.89	395.34	-28.32	376.55	-31.73	539.95	-2.10
N-31/A	547750.00	9331450.00	567.18	563.25	-0.69	559.49	-1.36	559.00	-1.44	565.75	-0.25
N-34/A	544952.00	9334451.00	561.84	531.30	-5.44	486.07	-13.49	475.96	-15.28	554.65	-1.28
N-35/A	544917.00	9334507.00	569.67	531.30	-5.07	489.12	-12.60	479.66	-14.30	552.74	-1.24
N-37/A	550035.00	9329366.00	601.43	601.25	-0.03	601.08	-0.06	601.06	-0.06	601.35	-0.01
N-38/A	547551.00	9328989.00	535.23	534.95	-0.05	534.70	-0.10	534.67	-0.10	535.11	-0.02
N-39/A	543839.00	9334489.00	549.16	542.54	-1.21	532.22	-3.08	530.04	-3.48	547.41	-0.32
N-40/A	544120.00	9333992.00	580.85	566.83	-2.41	544.58	-6.24	539.88	-7.05	576.89	-0.66
N-41/A	544146.00	9333938.00	584.74	569.60	-2.59	545.60	-6.69	540.48	-7.57	580.51	-0.72
N-42/A	548969.00	9331903.00	498.78	497.48	-0.26	496.43	-0.47	496.28	-0.50	498.35	-0.09
N-43/A	548991.00	9331898.00	501.43	500.04	-0.28	498.92	-0.50	498.76	-0.53	500.97	-0.09
N-44/A	549154.00	9332531.00	445.40	442.92	-0.56	440.74	-1.05	440.40	-1.12	444.65	-0.17
N-45/A	549011.00	9332790.00	417.53	413.98	-0.85	411.01	-1.56	410.55	-1.67	416.48	-0.25
N-46/A	550639.00	9331128.00	605.29	604.94	-0.06	604.60	-0.11	604.55	-0.12	605.15	-0.02
N-47/A	550063.00	9331376.00	583.76	583.14	-0.11	582.61	-0.20	582.53	-0.21	583.53	-0.04
N-48/A	550234.00	9331691.00	516.40	516.05	-0.07	515.76	-0.12	515.71	-0.13	516.28	-0.02
N-49/A	549798.00	9331417.00	595.06	594.03	-0.17	593.19	-0.31	593.07	-0.34	594.70	-0.06
N-50/A	550725.00	9332220.00	518.31	517.96	-0.07	517.62	-0.13	517.56	-0.14	518.21	-0.02
N-51/A	550909.00	9332255.00	520.43	519.81	-0.12	519.27	-0.22	519.18	-0.24	520.21	-0.04
N-53/A	551417.00	9332509.00	502.49	502.07	-0.08	501.70	-0.16	501.64	-0.17	502.34	-0.03
N-54/A	551100.00	9332678.00	454.55	454.24	-0.07	453.95	-0.13	453.90	-0.14	454.44	-0.02
N-55/A	551043.00	9333143.00	507.40	506.18	-0.24	504.93	-0.49	504.72	-0.53	506.96	-0.09
N-DF-01/A	548240.00	9331976.00	490.20	487.17	-0.62	484.70	-1.12	484.39	-1.19	489.15	-0.21
N-DF-03/A	549145.00	9332801.00	425.01	421.39	-0.85	418.28	-1.58	417.80	-1.70	423.94	-0.25
N-DF-05/A	550416.00	9331260.00	582.83	582.58	-0.04	582.34	-0.08	582.31	-0.09	582.74	-0.02
N-DF-06/A	550293.00	9331462.00	551.54	551.26	-0.05	551.01	-0.10	550.97	-0.10	551.44	-0.02
N-DF-07/A	550169.00	9331589.00	532.62	532.25	-0.07	531.95	-0.12	531.91	-0.13	532.49	-0.02
N-DF-09/A	550310.00	9333201.00	439.37	437.47	-0.43	435.85	-0.80	435.57	-0.86	438.74	-0.14
NAS1/A	546952.60	9334292.00	555.67	402.40	-27.58	140.87	-74.65	102.05	-81.63	548.38	-1.31
NAS10/A	546228.60	9334849.00	390.08	388.03	-0.52	371.51	-4.76	354.50	-9.12	389.76	-0.08
NAS2/A	546288.60	9334849.00	419.21	402.56	-3.97	369.87	-11.77	351.43	-16.17	416.77	-0.58
NAS3/A	546022.50	9334786.00	434.99	415.14	-4.56	369.18	-15.13	348.95	-19.78	431.88	-0.71
NAS6/A	546026.80	9334545.00	459.91	429.43	-6.63	358.34	-22.09	328.17	-28.65	454.70	-1.13
NAS9/A	545998.00	9334413.00	494.48	439.80	-11.06	341.91	-30.85	294.08	-40.53	485.07	-1.90

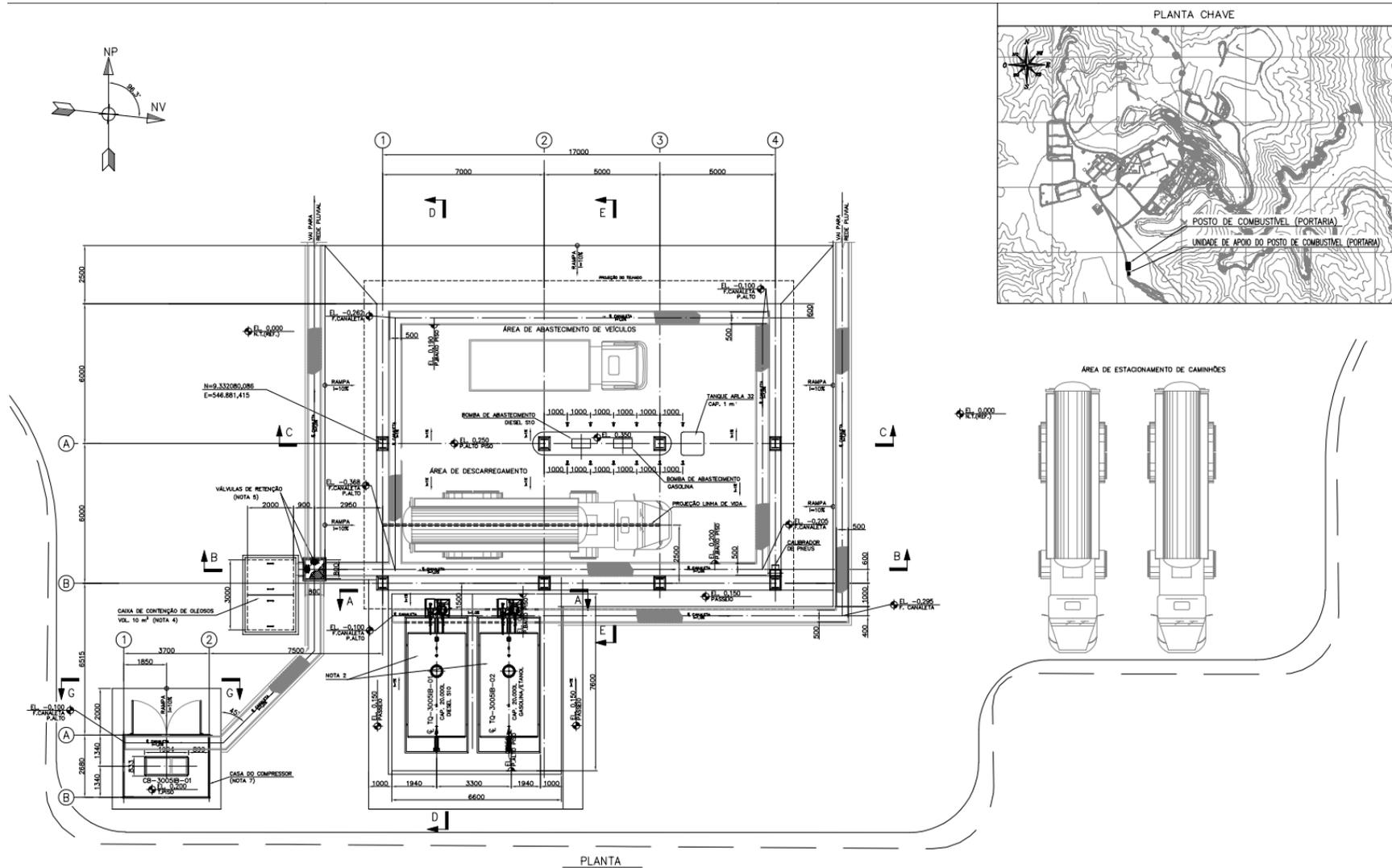


MDGEO

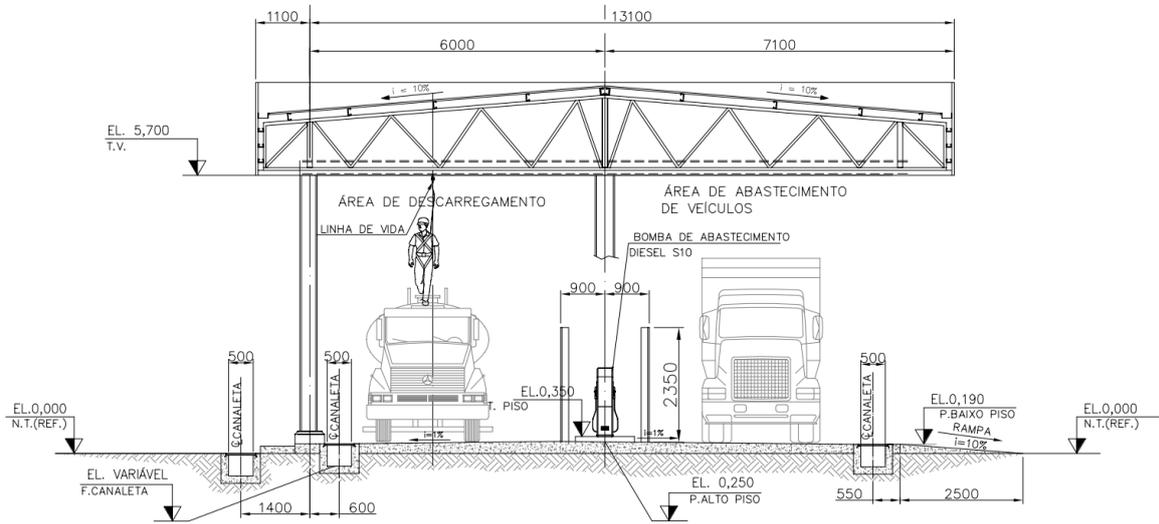
ANEXO 08

**PROJETOS DO POSTO DE ABASTECIMENTO DE
VEÍCULOS DA PORTARIA E DA MINA DO ALEMÃO**

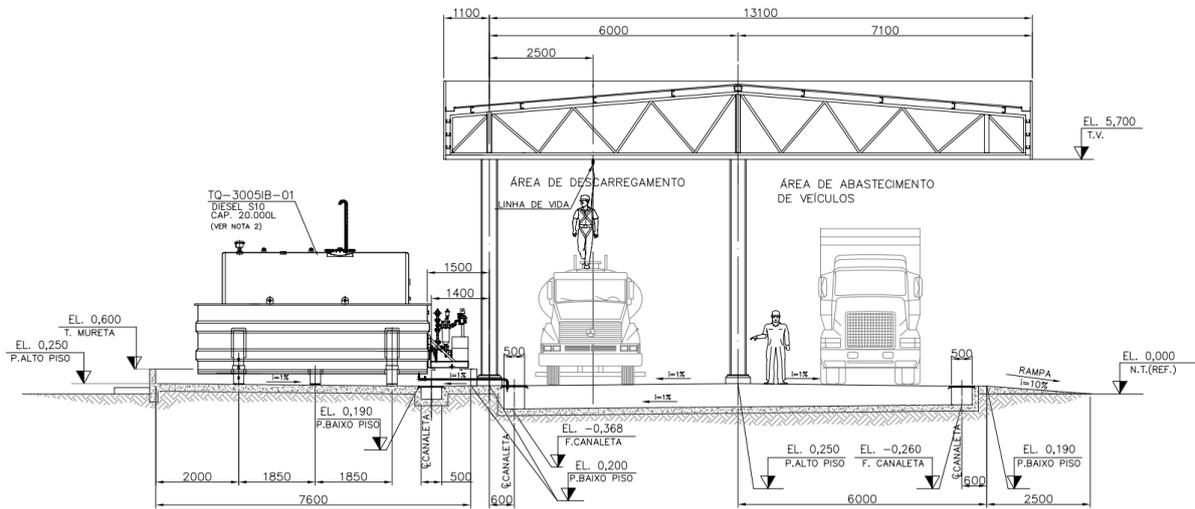
Desenho 8.1-1 - Projeto do Posto de abastecimento de veículos leves (Posto da Portaria)



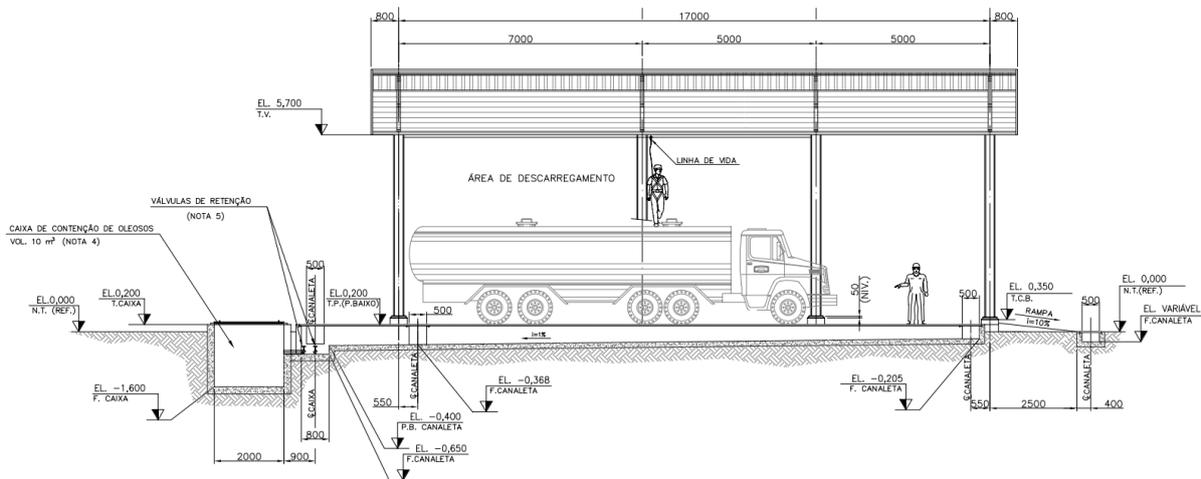
Desenho 8.1-4 - Projeto do Posto de abastecimento de veículos leves (Posto da Portaria)



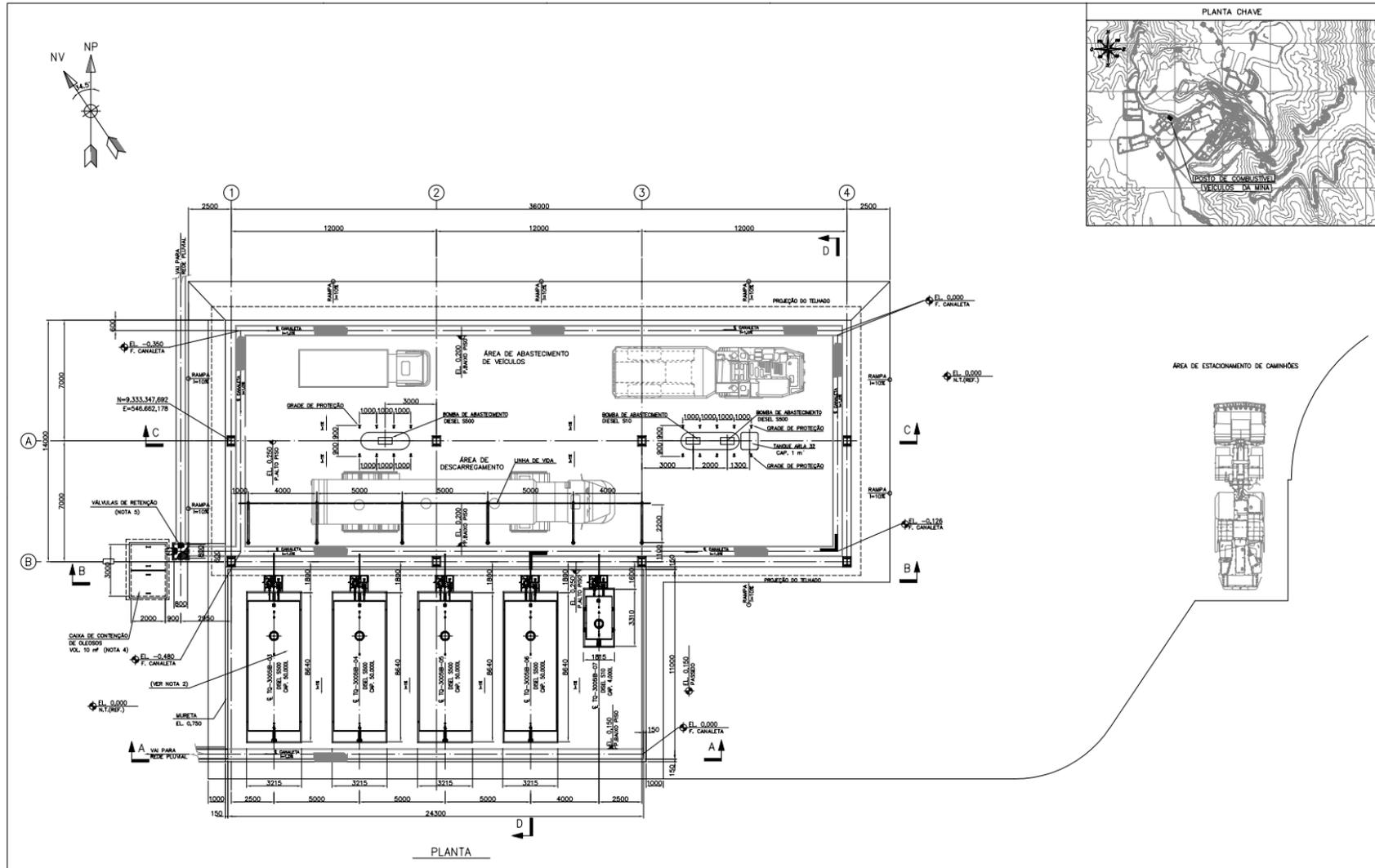
Desenho 8.1-5 - Projeto do Posto de abastecimento de veículos leves (Posto da Portaria)



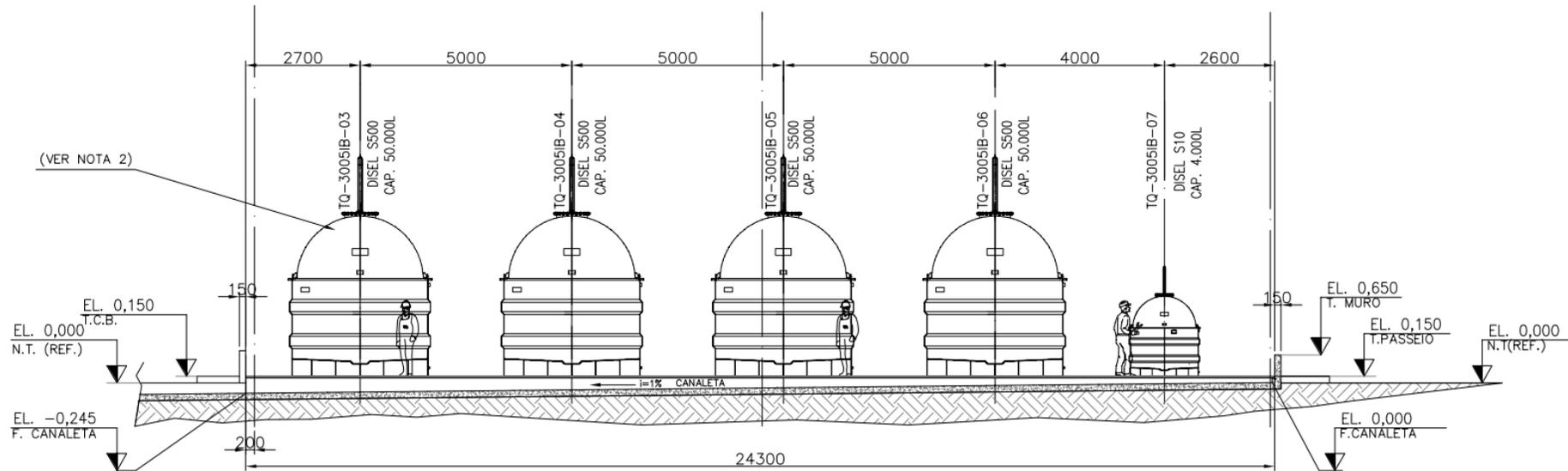
Desenho 8.1-6 - Projeto do Posto de abastecimento de veículos leves (Posto da Portaria)



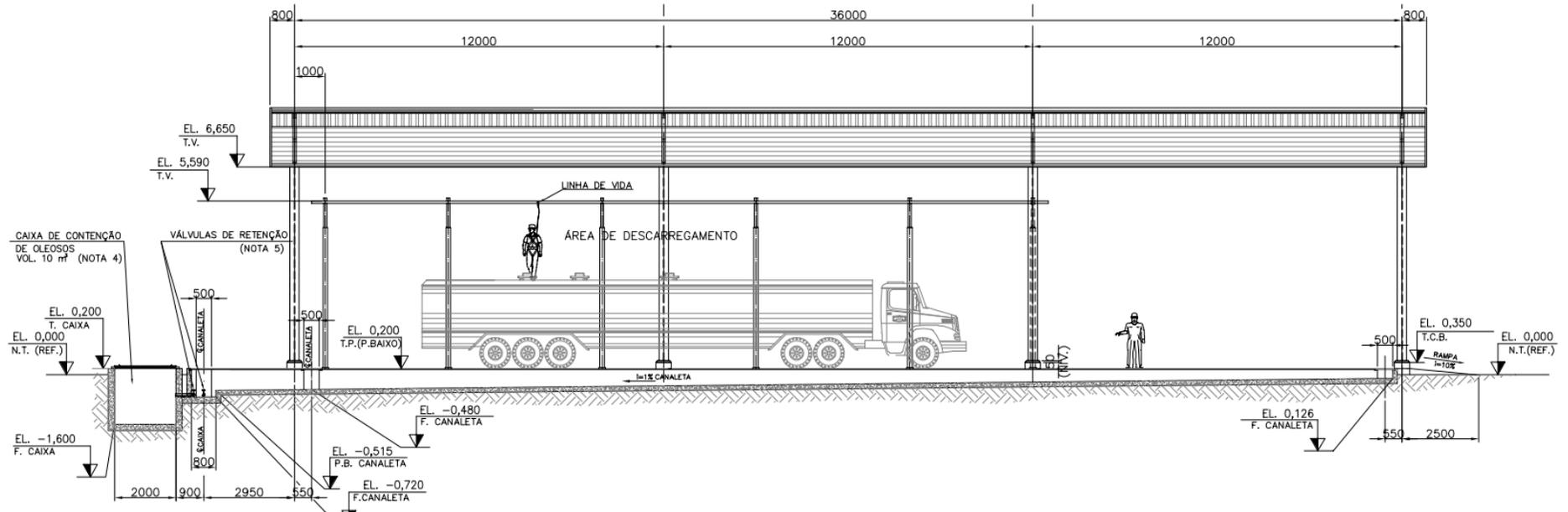
Desenho 8.1-7 - Projeto do Posto de abastecimento de veículos pesados (Veículos da Mina)



Desenho 8.1-8 - Projeto do Posto de abastecimento de veículos pesados (Veículos da Mina)



Desenho 8.1-9 - Projeto do Posto de abastecimento de veículos pesados (Veículos da Mina)



Desenho 8.1-11 - Projeto do Posto de abastecimento de veículos pesados (Veículos da Mina)

