



		RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT			Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013				
		CLIENTE: TRANSPORTADORA GASENE S.A. CLIENT			FOLHA: 01 de 18 PAGE:				
		PROGRAMA: GASODUTO INTERLIGAÇÃO SUDESTE / NORDESTE - GASENE JOB: SOUTHEAST/NORTHEAST INTERCONNECTION GAS PIPELINE - GASENE			-				
		ÁREA: GASODUTO CACIMBAS / CATU - GASCAC AREA: CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE - GASCAC			-				
		TÍTULO: Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC TITLE: Final Report of the Geologic-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones							
CONTRATO: CONTRACT GASCAC / DEZ 2007		RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO DOCUMENTO: TECHNICIAN RESPONSIBLE FOR THE DOCUMENT JULIO CEZAR PORTUGAL VALENTE CREA 851029990-D			RUBRICA: INITIALS 				
ÍNDICE DE REVISÕES					REVISION INDEX				
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS				REV.	DESCRIPTION AND/OR AFFECTED PAGES			
0	EMISSÃO ORIGINAL				0	ORIGINAL ISSUE			
ARQUIVO: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013=0.DOC FILE									
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA DATE	10/06/2010								
PROJETO PROJET	TERRABYTE								
EXECUÇÃO PERFORMED BY	L.SOARES								
VERIFICAÇÃO CHECKED BY	J. VALENTE								
APROVAÇÃO APPROVED BY	R.LYRA								
AS INFORMAÇÕES DESTES DOCUMENTOS SÃO DE PROPRIEDADE DA SINOPEC/BUENO, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DE SUA FINALIDADE.									
THE INFORMATION HEREIN IS THE PROPERTY OF SINOPEC/BUENO AND MAY NOT BE USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT IT IS INTENDED FOR.									

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: PAGE 2 de 18 2 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

Relatório Final Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC


**Programa de Monitoramento das Feições Cársticas do Gasoduto Gascac
no trecho entre os kms 441 e 449**

GASCAC 10/06/2010

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: PAGE 3 de 18 3 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	OBJETIVO	4
3	TRABALHOS DESENVOLVIDOS	4
3.1	MONITORAMENTO GEOLÓGICO / GEOTÉCNICO	5
3.2	EXTENSÃO DO MAPA GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO	7
3.3	MONITORAMENTO TOPOGRÁFICO-ÁLTIMÉTRICO	7
3.4	SONDAGENS SPT	10
3.5	ELABORAÇÃO DE PARECER SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES	11
3.6	LEVANTAMENTO GEOFÍSICO ATRAVÉS DO GPR 2D	11
3.7	RETIRADA DE AMOSTRA INDEFORMADA	12
3.8	CONFECÇÃO DO MAPA DE RISCO GEOTÉCNICO	12
3.9	PLANO DE MONITORAMENTO CONTÍNUO	12
4	CONCLUSÕES	13
5	RECOMENDAÇÕES	14
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
6.1	RELATÓRIOS ANTERIORES	15
6.2	NORMAS CONSULTADAS	16
6.3	ARTIGOS E PUBLICAÇÕES	16

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: 4 de 18 PAGE 4 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

1 Introdução

Ao longo do gasoduto Cacimbas/Catu – GASCAC, foram observadas feições geotécnicas relacionadas à presença de calcário no subsolo, tais como, dolinas, depressões e abatimentos, as quais poderiam representar risco à integridade do gasoduto ao longo de sua vida útil ou durante sua implantação, em decorrência do desenvolvimento dessas feições. Em atendimento à condicionante 2.11 da Licença de Instalação N° 484/2007 foi elaborado o *Programa de Monitoramento das Feições de Risco Geotécnico em Relevo Cárstico do Gasoduto GASCAC entre os km 441 e 449*, que abrange parte da zona cárstica cortada por este empreendimento na porção sul do estado da Bahia, entre os municípios de Mascote e Belmonte.

2 Objetivo


Este relatório consolida os estudos geológicos/geotécnicos realizados no Programa de Monitoramento, e tem como objetivo apresentar as conclusões dos diversos estudos apresentados, bem como responder às questões levantadas sobre o risco à integridade do duto decorrente das condições geológico/geotécnicas encontradas nesta área.

3 Trabalhos desenvolvidos

Como parte do Programa de Monitoramento das Feições de Risco Geotécnico, foram desenvolvidos os trabalhos apresentados no Relatório Técnico N° **RL-4450.74-6521-996-BBQ-001**, que constaram essencialmente das seguintes etapas:

- a) Monitoramento geológico/geotécnico;
- b) Extensão do Mapa Geológico/Geotécnico para área de influência total de 1 km;
- c) Monitoramento topográfico-altimétrico;
- d) Execução de 24 furos de sondagem SPT;
- e) Elaboração do parecer técnico sobre a distribuição das tensões em subsuperfície;
- f) Confecção do Mapa de Risco Geológico-geotécnico.

Além desses estudos, outros estudos foram solicitados durante o desenvolvimento dos trabalhos de forma a complementar o embasamento do estudo com informações mais detalhadas. Estes estudos complementares foram:

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: 5 de 18 PAGE 5 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

- a) Levantamento geofísico por GPR-2D no trecho entre os km 447 +900m ao km 448 +600m;
- b) Ensaios geotécnicos em amostras de solo indeformadas.

Após a realização desses estudos e finda as atividades de implantação do GASCAC foi emitida a Licença de Operação (LO) N° 919/19. Na licença constava a condicionante 2.6 cujo texto se reproduz:

*"Apresentar em 90 dias, relatório que contemple o atendimento integral ao Programa de Recuperação de Áreas degradadas, bem como um **Cronograma e Procedimentos para Execução de um Programa de Monitoramento e Controle dos Processos Erosivos** durante a fase de operação do gasoduto, incorporando no programa o **monitoramento das áreas cársticas**, no que tange a evolução de processos de subsidência ou reativação de sumidouros nos terrenos locais e que eventualmente possam causar interferência sobre a segurança do gasoduto."*


Atendendo a esta condicionante foi então elaborado o *Plano de Monitoramento Topográfico Altimétrico das Zonas Cársticas do GASCAC*, que foi apresentado no relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-012**.

3.1 Monitoramento Geológico / Geotécnico

O Monitoramento Geológico-Geotécnico é apresentado em detalhe no relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-003**. Nesta etapa do trabalho foi realizada a inspeção geotécnica de campo ao longo do trecho, em uma área de influência de 1 km, sendo 500 m para cada lado da faixa. Nesta inspeção procurou-se observar possíveis indícios de instabilidades no terreno, como cicatrizes, ravinas, árvores inclinadas ou outras evidências de instabilidades, principalmente próximo às dolinas e depressões mapeadas.

Tais feições não foram observadas ao longo do trecho percorrido, porém pode-se observar que a área pode ser dividida essencialmente em dois setores distintos, sendo um a sul e outro a norte do km 447.

O setor norte é o mais crítico, e onde se pode observar um relevo mais acentuado, com maior presença de afloramentos de rocha, muitos deles nas bordas de dolinas ou estruturas de colapso. As feições de abatimento nesta área podem ser melhor caracterizadas como dolinas, embora não apresentem indícios de atividade recente. Na grande maioria dessas feições as bordas são suaves e há um bom desenvolvimento de vegetação de médio porte em seu interior. Esta área é também caracterizada pela presença de vales encaixados com encostas apresentando declividades entre 30 e 50 graus em alguns locais.

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: PAGE
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologic-Geotechnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

O setor sul é marcado pelo relevo suavizado, com morrotes baixos e amplas áreas de baixada. Frequentemente são encontradas grandes depressões, na maioria das vezes formando lagos e açudes, evidência de que o processo cárstico não atua mais, ou não é representativo.

Ao término desta etapa concluiu-se que a porção norte da área é a que apresenta maior probabilidade, mesmo que ainda pequena, de ocorrência de feições de risco geotécnico.


Após concluída a implantação do GASCAC, foi feita uma nova inspeção visual do trecho no intuito de verificar possíveis indícios de instabilidade observáveis a olho nu, como trincas, cicatrizes, erosões, etc. Para tanto foi feito o caminhamento ao longo da faixa, dando especial atenção àqueles trechos definidos como mais susceptíveis à ocorrência de feições cársticas.

No km 448 +100m, próximo ao marco MZC-31 foi observada uma trinca longitudinal, sinuosa, com abertura máxima de 1 cm e aproximadamente 20 metros de extensão (Figura 1). Estas trincas são relativamente comuns, pois após a movimentação da terra para o aterro, esta fica fofa e mais sujeita ao aparecimento de trincas de contração, provocadas pela presença da argila no solo face às variações de umidade causadas pela ação das chuvas, porém a posição dela a montante de uma importante dolina alerta para a necessidade de monitoramento da área até que se verifique que não há ampliação da trinca.



Figura 1 – trinca longitudinal a montante de uma dolina no km 448 +100m.

Além desta trinca, não foi observada nenhuma outra feição que caracterizasse instabilidade ou problemas geotécnicos ao longo da faixa no trecho monitorado entre os km 441 e 449. Como verificado nos estudos anteriores, o solo da região é muito pouco erosível e apresenta excelentes condições de suporte para o empreendimento.

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: PAGE 7 de 18 7 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

3.2 Extensão do Mapa Geológico/Geotécnico

O monitoramento Geológico/Geotécnico serviu também para a extensão do Mapa Geotécnico ao longo deste trecho. Este mapa teve sua largura ampliada para uma área de influência total de 1 km, centrados na faixa e foi apresentado no Anexo 1 do relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-003** – *Relatório parcial das atividades monitoramento geológico/geotécnico / monitoramento topográfico altimétrico*. Deste relatório também faz parte, no Anexo 2, o Mapa de Caminhamento, que apresenta o caminho percorrido durante o trabalho.

3.3 Monitoramento topográfico-Altimétrico

Esta etapa do trabalho constou da instalação, em campo, de 41 marcos topográficos, em locais considerados mais susceptíveis à ocorrência de fenômenos geotécnicos que pudessem afetar a integridade da faixa. A maioria desses marcos foi instalada a uma distância de 1 a 2 metros da margem direita da faixa e em locais mais críticos, como nas imediações de dolinas e próximo a encostas mais abruptas.

O relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-003**, em seu Anexo 3, apresenta o mapa de localização dos marcos topográficos e o Anexo 4 apresenta a planilha com as coordenadas obtidas durante a instalação dos marcos.

Todos esses marcos tiveram suas coordenadas novamente determinadas durante a etapa de *Leituras Zero* dos marcos, e os valores obtidos serviram de base para a comparação com as leituras efetuadas após cada etapa de implantação do gasoduto e ao término da obra, determinando variações no terreno decorrentes do tráfego de equipamentos sobre a faixa. O relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-006** apresenta os resultados das leituras iniciais desses marcos, chamadas Leituras Zero (L0), e o relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-008** apresenta resultados parciais obtidos após o avanço da obra sobre algumas das feições cársticas da área. O relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-011** apresenta os resultados obtidos com a obra em um estágio avançado de implantação.

Muitos dos marcos instalados inicialmente acabaram não resistindo à passagem de todas as etapas da obra e foram destruídos ou enterrados. A Tabela 1 apresenta um resumo da situação dos marcos em maio de 2010, após a conclusão da obra.


	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT		Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC		FOLHA: PAGE 8 de 18 8 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones		

Tabela 1 – situação dos marcos em maio de 2010.

Marco	Situação	Marco	Situação	Marco	Situação	Marco	Situação
MZC-01	Destruído	MZC-11	Intacto	MZC-21	Destruído	MZC-31	Intacto
MZC-02	Enterrado	MZC-12	Intacto	MZC-22	Destruído	MZC-32	Intacto
MZC-03	Intacto	MZC-13	Intacto	MZC-23	Intacto	MZC-33	Destruído
MZC-04	Destruído	MZC-14	Destruído	MZC-24	Destruído	MZC-34	Intacto
MZC-05	Enterrado	MZC-15	Intacto	MZC-25	Enterrado	MZC-35	Destruído
MZC-06	Intacto	MZC-16	Intacto	MZC-26	Enterrado	MZC-36	Enterrado
MZC-07	Intacto	MZC-17	Enterrado	MZC-27	Intacto	MZC-37	Enterrado
MZC-08	Destruído	MZC-18	Intacto	MZC-28	Intacto	MZC-38	Intacto
MZC-09	Intacto	MZC-19	Destruído	MZC-29	Enterrado	MZC-39	Intacto
MZC-10	Intacto	MZC-20	Intacto	MZC-30	Intacto	MZC-40	Enterrado
						MZC-41	Intacto


Do total inicial de 41 marcos instalados, apenas 18 ainda estão em condições de serem monitorados, 10 foram total ou parcialmente destruídos e 9 estão enterrados. Os 4 marcos restantes são os que estão em área de plantação de eucalipto (MZC-10 a MZC-13) e não puderam ser monitorados pelo método adotado, porém ainda encontram-se intactos. A Tabela 2 apresenta um resumo das variações totais dos marcos. As leituras definidas como “Após a obra” referem-se à última campanha de campo, em maio de 2010, onde foram realizadas estas leituras (L5) nos marcos remanescentes e uma inspeção geotécnica ao longo de todo o trecho. Para os marcos inutilizados, foi escolhida a leitura mais representativa para ser inserida na tabela.

Tabela 2 – resumo das variações totais dos marcos

Marco	Leitura	Data	Δh (m)	Δy (m)	Δx (m)	Etapa
MZC-01	L0	30/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L4a	5/1/2010	-0,002	0,004	0,004	Leitura Final
MZC-02	L0	30/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L4a	5/1/2010	0,009	120,971	3,460	Leitura Final
MZC-03	L0	30/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	26/5/2010	0,005	-0,011	0,028	Após a obra
MZC-04	L0	24/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L2	10/9/2009	0,006	-0,016	0,017	Desfile
MZC-05	L0	24/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L2	10/9/2009	-0,004	-0,015	0,004	Desfile
MZC-06	L0	24/3/2009	-	-	-	Leitura Zero

**RELATÓRIO TÉCNICO**
TECHNICAL REPORTNº: **RL-4450.74-6521-996-BBQ-013**REV: **0**ÁREA:
AREA**GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC**
CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCACFOLHA: **9 de 18**
PAGE
9 of 18TÍTULO:
TITLE**Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC**
Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones


	L5	26/5/2010	0,008	-0,002	-0,003	Após a obra
MZC-07	L0	25/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	26/5/2010	0,003	0,002	-0,020	Após a obra
MZC-08	L0	25/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L3b	1/10/2009	-0,002	0,000	-0,030	Ponteada e Solda
MZC-09	L0	25/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L4	23/10/2009	-0,004	0,003	-0,039	Abaix. de coluna
MZC-10	L0	31/3/2009				Eucaliptos
MZC-11	L0	31/3/2009				Eucaliptos
MZC-12	L0	31/3/2009				Eucaliptos
MZC-13	L0	31/3/2009				Eucaliptos
MZC-14	L0	20/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L4	6/1/2010	0,010	0,003	0,020	Leitura Final
MZC-15	L0	20/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	28/5/2010	0,007	0,005	-0,015	Após a obra
MZC-16	L0	20/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	23/5/2010	0,016	0,024	0,018	Após a obra
MZC-17	L0	24/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L3	25/8/2009	0,009	-0,015	0,005	Cobertura
MZC-18	L0	24/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	23/5/2010	0,007	0,009	0,015	Após a obra
MZC-19	L0	25/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L2	14/7/2009	0,004	0,003	0,000	Desfile
MZC-20	L0	25/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	23/5/2010	-0,013	0,006	-0,012	Após a obra
MZC-21	L0	25/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L3	25/8/2009	-0,001	0,011	0,009	Cobertura
MZC-22	L0	25/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L3	25/8/2009	-0,008	0,004	-0,028	Cobertura
MZC-23	L0	28/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	25/5/2010	-0,009	0,006	-0,011	Após a obra
MZC-24	L0	27/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L3	25/8/2009	0,000	-0,011	-0,015	Cobertura
MZC-25	L0	27/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L3	25/8/2009	-0,008	-0,001	-0,012	Cobertura

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT		Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013		REV: 0	
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC			FOLHA: PAGE	10 de 18 10 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones				

MZC-26	L0	27/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L3	26/8/2009	0,013	0,020	0,006	Cobertura
MZC-27	L0	27/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	23/5/2010	-0,033	0,052	-0,005	Após a obra
MZC-28	L0	27/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	23/5/2010	0,006	0,033	0,020	Após a obra
MZC-29	L0	28/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L3	4/9/2009	0,016	0,011	0,002	Cobertura
MZC-30	L0	28/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	23/5/2010	0,014	0,017	-0,007	Após a obra
MZC-31	L0	28/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	23/5/2010	0,010	0,019	0,001	Após a obra
MZC-32	L0	28/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	24/5/2010	-0,026	0,016	-0,041	Após a obra
MZC-33	L0	29/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L3	4/12/2009	-0,009	-0,008	-0,002	Cobertura
MZC-34	L0	28/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	24/5/2010	-0,003	0,014	-0,036	Após a obra
MZC-35	L0	28/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L2a	7/11/2009	0,001	0,004	-0,032	Desfile
MZC-36	L0	29/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L3b	4/12/2009	-0,009	0,005	0,008	Cobertura
MZC-37	L0	29/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L1b	24/7/2009	-0,001	0,015	-0,002	Confirmacao
MZC-38	L0	30/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	24/5/2010	0,015	-0,014	-0,001	Após a obra
MZC-39	L0	30/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	24/5/2010	0,002	-0,004	-0,024	Após a obra
MZC-40	L0	30/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L1	1/6/2009	0,008	-0,014	-0,001	Sondagem
MZC-41	L0	30/3/2009	-	-	-	Leitura Zero
	L5	24/5/2010	0,032	0,003	-0,006	Após a obra

3.4 Sondagens SPT

Como parte dos estudos, foram realizadas sondagens à percussão com medida de índice SPT (*Standard Penetration Test*) em 24 locais. Essas sondagens obedeceram a um espaçamento de 400

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT		Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC		FOLHA: 11 de 18 PAGE 11 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones		

metros entre si e alguns furos foram adicionados nas áreas mais críticas, entre os km 447 +500m e 448. Em apenas um furo foi atingida a rocha (SZC-19) com 6,10 metros de profundidade. Em nenhum furo foi detectada a presença de vazios no terreno e nenhum furo atingiu o lençol freático. Os resultados dessas sondagens assim como os boletins de sondagem, constam do relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-002 - Relatório final das atividades desenvolvidas em campo - sondagem a percussão.**

3.5 Elaboração de parecer sobre a distribuição de tensões


Foi realizado um estudo da distribuição das tensões em subsuperfície, segundo as condições de carregamento esperadas para uma faixa de dutos, e levando em consideração os dados sobre compressibilidade e compactação dos solos obtidos durante as sondagens à percussão com medida do índice SPT. Os resultados encontram-se no relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-004 - Parecer técnico sobre a distribuição de tensões em subsuperfície.** Neste relatório observa-se que para profundidades superiores a 1,5 m o acréscimo de tensão não deverá ultrapassar 5 kPa (0,05 kgf/cm²), um valor desprezível, que não irá provocar alteração significativa no estado interno de tensões do maciço de solo neste trecho. Uma vez que vazios não são esperados a essas profundidades, não há, segundo este parecer, fator impeditivo para a instalação da dutovia no trecho em questão.

3.6 Levantamento geofísico através do GPR 2D

Para garantir a ausência de vazios ao longo da faixa, foi executada uma campanha geofísica pelo método de GPR (Ground Penetrating Radar). Este levantamento foi executado entre os km 447 +900m ao km 448 +600m, o trecho considerado como sendo de maior probabilidade de ocorrência de vazios na área. Seus resultados encontram-se no relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-005 - Mapeamento de ocorrência de vazios em rochas calcárias através do método GPR 2D.**

Após o processamento dos dados foram encontradas zonas de alta reflectância do sinal eletromagnético, em destaque para a anomalia encontrada nas imediações do km 448, onde há uma dolina sobre a faixa. Neste local havia sido executado um furo de sondagem (SZC-24) que não encontrou nenhum indício de vazio, apenas material silteco-arenoso de baixa compactidade, o que pode ter influenciado no surgimento desta anomalia.

Cabe ressaltar que o relatório **RL-4717.00-6502-932-AQI-001 – Levantamento tomográfico no trecho do duto GASCAC, entre os km 445 e 449, Mascote – BA, indicou a presença de uma anomalia elétrica neste mesmo local. Com a obtenção dos dados de investigação direta (sondagem à percussão) pode-se eliminar a hipótese de que esta anomalia seja provocada pela existência de um vazio no terreno.**

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: 12 de 18 PAGE 12 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

3.7 Retirada de amostra indeformada


Em atendimento ao ofício nº 267/2009 – COEND/CGENE/DILIC/IBAMA, Licenciamento Ambiental do Gasoduto Cacimbas – Catu (GASCAC) – Programa de Monitoramento das Feições Cársticas, referente ao item 2.a) denominado “Avaliação do colapso do solo a partir do ensaio de adensamento saturado e não saturado”. Foram retiradas 2 (duas) amostras de solo indeformada, no formato bloco/caixa, e realizados ensaios de adensamento, em cargas variáveis, e caracterização completa de cada bloco, afim de poder avaliar o comportamento do solo, e se estão de acordo com as solicitações dos esforços do terreno, devido a sobrecargas ocasionadas pelo tráfego de máquinas pesadas durante a fase de implantação do gasoduto, na superfície do terreno. Os resultados dos ensaios foram apresentados no relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-009**.

3.8 Confecção do Mapa de Risco Geotécnico

O Mapa de Risco Geotécnico foi desenvolvido em um SIG (Sistema de Informações Geográficas), utilizando-se das informações coletadas no campo e das informações obtidas através da fotointerpretação das fotografias aéreas. Estas informações foram processadas no SIG para a obtenção do produto final – o Mapa de Risco Geotécnico. Os procedimentos adotados, assim como o modelo conceitual adotado foram apresentados em detalhe no relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-007**. Foram utilizados dados sobre a densidade de lineamentos e dados coletados em campo categorizando as feições cársticas em feições de maior ou menor risco. Com o cruzamento das informações pode-se gerar um mapa semaforico representando as áreas mais ou menos susceptíveis à ocorrência de fenômenos geotécnicos com as cores vermelho para áreas de maior risco, amarelo para risco moderado e verde para baixo risco.

3.9 Plano de Monitoramento Contínuo

Após a conclusão dos estudos e ao término da implantação do gasoduto, foi elaborado um Plano de Monitoramento Contínuo que servirá de base para o acompanhamento da evolução das feições cársticas encontradas na área ao longo de toda a vida útil do gasoduto. Este plano prevê a instalação de novos marcos nas áreas críticas e a adoção de um novo referencial para a medição desses marcos, no intuito de possibilitar medições mais precisas, além de inspeção visual ao longo das principais feições cársticas da área. Propõe-se um freqüência de leitura trimestral nos dois primeiros anos, semestral nos dois anos subseqüentes e anual nos demais anos, porém caso seja detectada alguma variação ou indício de abatimento, o local afetado deverá ser reavaliado e acompanhado em maior detalhe até que se descarte a possibilidade de instabilidade do duto. Caso seja confirmada a existência de risco de abatimento da área, será estudada a melhor forma de se mitigar o risco.

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: 13 de 18 PAGE 13 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

O plano de monitoramento está exposto em detalhe no relatório **RL-4450.74-6521-996-BBQ-012**.

4 Conclusões


A partir das informações obtidas ao longo dos trabalhos, pode-se constatar os seguintes fatos:

- a) Não foram detectadas, durante as inspeções geotécnicas, feições que possam caracterizar a existência de processos de abatimento do relevo expressivos, em desenvolvimento na área em análise. As dolinas e abatimentos encontrados aparentam ser estáveis, ou de desenvolvimento muito lento, que não atingirá estágio crítico durante a vida útil do gasoduto;
- b) As sondagens geotécnicas não detectaram vazios nem tampouco a existência de solos compressíveis que pudessem provocar grandes deformações sob carregamento durante a instalação do gasoduto. Em apenas 5 furos foi detectado nível freático antes de 15 m de profundidade. Desses, 5 estão localizados em uma mesma baixada entre os km 441 e 442 +400m e o quinto foi o furo SZC-20, localizado ao lado de um lago artificial;
- c) O levantamento por GPR detectou uma anomalia no mesmo local onde havia sido registrada uma anomalia elétrica de alta resistividade, porém a obtenção de dados de sondagem deste local elimina a existência de um vazio, uma vez que o furo de sondagem feito nesta dolina atingiu 15 metros perfurados em material siltico-arenoso, com baixa compacidade nos primeiros metros;
- d) O parecer técnico sobre a distribuição de tensões em subsuperfície constatou que o acréscimo de tensão é insignificante a profundidades superiores a 1,5 m.

A não detecção do nível freático em nenhuma sondagem executada no trecho mais crítico da área (entre os km 447 e 449) é um forte indício de que o processo de dissolução das rochas calcáreas na área se dá a uma grande profundidade, no mínimo, acima dos 15 metros perfurados.

As rochas calcárias encontradas na área são, em geral, metamorfizadas entre baixo e médio grau metamórfico. Neste tipo de rocha, a dissolução do carbonato de cálcio se dá a uma taxa muito baixa, principalmente quando o acesso a água é escasso.

Com base nos estudos citados neste relatório acerca da zona cárstica compreendida entre os km 441 e 449 do gasoduto Cacimbas-Catu, pode-se concluir que não existe a possibilidade de ocorrência de subsidências em decorrência dos procedimentos de instalação e operação do gasoduto, assim como não foram identificados vazios no trecho avaliado.

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: 14 de 18 PAGE 14 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

A partir do início da instalação do gasoduto, foi iniciado o monitoramento da faixa através da medição da cota dos marcos topográficos, após cada etapa do processo, com o acompanhamento de um geólogo e um engenheiro geotécnico durante a implantação do gasoduto. Nenhum deslocamento vertical significativo e indicativo de risco à integridade do duto foi identificado, não tendo sido necessária a comunicação à fiscalização de nenhum evento desta natureza ao longo de toda a implantação do gasoduto no trecho monitorado.


5 Recomendações

Apesar das conclusões serem favoráveis e de não terem sido observados indícios de cavidades ou abatimentos relacionados à sua presença, a área apresenta abundância de rochas calcárias e freqüentemente foram observadas nestas rochas erosões provocadas pela ação da água (Figura 2).



Figura 2 – exemplos de rochas calcárias apresentando erosão provocada pela ação da água em suas fraturas.

Estas rochas evidenciam que o processo de erosão é lento e desenvolve-se essencialmente ao longo das fraturas da rocha. Este processo seria mais acelerado se o lençol freático fosse raso o

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: 15 de 18 PAGE 15 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

suficiente para atingir o nível das rochas calcáreas, porém as sondagens a percussão com SPT não atingiram o lençol freático nas áreas onde ocorrem as principais feições cársticas.

Como a erosão é um processo contínuo e lento, deve-se manter um monitoramento permanente da faixa nos trechos identificados como susceptíveis à ocorrência das feições cársticas.

6 Referências Bibliográficas

6.1 Relatórios Anteriores

RL-4717.00-6502-932-AQI-001 – Levantamento tomográfico no trecho do duto GASCAC, entre os km 445 e 449, Mascote / BA – 22/03/2007.

RL-4717.00-6502-932-AQI-003 – Levantamento tomográfico no trecho do duto GASCAC, entre os km 445 e 449, Mascote / BA – Parecer final – 30/09/2007.

RL-4450.74-6521-996-BBQ-001 - Programa de monitoramento das feições de risco geotécnico em relevo cárstico na faixa do gasoduto GASCAC entre os kms 441 e 449 – 13/11/2008.

RL-4450.74-6521-996-BBQ-002 - Relevo cárstico na faixa do gasoduto GASCAC entre km 441 e 449 - inspeção - Relatório final das atividades desenvolvidas em campo -sondagem a percussão – 10/02/2009.


RL-4450.74-6521-996-BBQ-003 - Relevo cárstico na faixa do gasoduto GASCAC entre km 441 e 449 - inspeção - Relatório parcial das atividades monitoramento geológico/geotécnico e monitoramento topográfico altimétrico - 10/02/2009.

RL-4450.74-6521-996-BBQ-004 - Relevo cárstico na faixa do gasoduto GASCAC entre km 441 e 449 - Parecer técnico sobre a distribuição de tensões em subsuperfície – 05/03/2009.

RL-4450.74-6521-996-BBQ-005 - Mapeamento de ocorrência de vazios em rochas calcárias através do método GPR 2D – 02/04/2009.

RL-4450.74-6521-996-BBQ-006 - Levantamento Geológico/Geotécnico do Programa de Monitoramento das Feições Cársticas do Gasoduto GASCAC no trecho entre os kms 441 a 449 – 09/04/2009.

RL-4450.74-6521-996-BBQ-007 revisão A - Relatório do Mapa de Risco Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC – 09/07/2009.

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: 16 de 18 PAGE 16 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

RL-4450.74-6521-996-BBQ-008 - Relatório Parcial do Monitoramento Topográfico Altimétrico das Zonas Cársticas do GASCAC – 27/07/2009.

RL-4450.74-6521-996-BBQ-009 - Análise do solo das Zonas Cársticas do GASCAC através de ensaios de caracterização e adensamento – 31/08/2009.

RL-4450.74-6521-996-BBQ-010 - Relatório de atendimento aos ofício 274/2009 – IBAMA (Rio Cachoeiro) – 24/08/2009.

RL-4450.74-6521-996-BBQ-011 - Relatório de Finalização dos Trabalhos de Implantação dos Dutos - Monitoramento Topográfico Altimétrico das Zonas Cársticas do GASCAC – 15/01/2010.

RL-4450.74-6521-996-BBQ-012 - Plano de Monitoramento Topográfico Altimétrico das Zonas Cársticas do GASCAC – 31/05/2010.

6.2 Normas Consultadas

NBR 6122/96 – Projeto e execução de fundações. ABNT, 1996.

NBR 6502/95 – Rochas e solos – terminologia. ABNT, 1995.

NBR 13441/95 – Rochas e solos – simbologia. ABNT, 1995.

NBR 13133/94 – Execução de levantamento topográfico. ABNT, 1994.

NBR 6497/83 - Procedimento de levantamento geotécnico. ABNT, 1983.


6.3 Artigos E Publicações

ABGE (1983). Métodos para descrição quantitativa de descontinuidades em maciços rochosos. São Paulo. (tradução n. 12).

ANNAN, A.P., 1992. Ground penetration radar workshop notes. Sensors & Software, Inc., Internal Report, 130 p.

ANNAN, A.P. 2002. GPR – History, Trends, and Future Developments. Subsurface Sensing Technologies and Applications, 3 (4): 253 – 270.

BARTON, N.; LIEN, R.; LUNDE, J. (1974). Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mechanics. v. 6:4, p. 189-236.

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: 17 de 18 PAGE 17 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

BENSON, A.K. 1995. Applications of ground penetrating radar in assessing some geological hazards: examples of groundwater contamination, faults, and cavities. Journal of Applied Geophysics, 33:177–193.

BIENIAWSKI, Z. T. (1973). Engineering classification of jointed rock masses. Trans South African Institut of Civil Engineering. v.15:12, p 335-344.

BIENIAWSKI, Z. T. (1976). Rock mass classification in rock engineering. In: SYMPOSIUM ON EXPLORATION FOR ROCK ENGINEERING, 1976, Johannesburg. Proceedings. p. 97-107.

BIENIAWSKI, Z. T. (1979). The geomechanics classification in rock engineering applications. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ROCK MECHANICS, 4., 1979, Montreux. Proceedings. ISRM, v.2, p 41-48.

BIENIAWSKI, Z. T. (1988). The rock mass rating (RMR) system (geomechanics classification) in engineering practice. KIRKALDIE, L. Rock classification systems for engineering purposes, Philadelphia. ASTM STP 984. p.17-34.

BIENIAWSKI, Z. T. (1989). Engineering rock mass classification – A complete manual for engineers and geologists in mining, civil and petroleum engineering. Nova York, Wiley Interscience. 251p.

BONHAM-CARTER, G.F. Geographic Information System for Geoscientists: modelling with GIS. Ottawa: Pergamon (Computer Methods in the Geosciences, 13), 1993, 98 p.


DEERE, D. U.; DEERE, D. W. (1988). The rock quality designation (RQD) index in practice. KIRKALDIE, L. Rock classification systems for engineering purposes, Philadelphia. ASTM STP 984. p.91-101.

EINSTEIN, H.H. Special lecture: landslide risk assessment procedure, proc. 5th Int. Symp. On Landslide, Lausanne, 2, 1075-1090, 1988.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPS. 1999. 412p.

FANG, W. (1975). Foundation Engineering Handbook Ed Van Nostrand Reinhold.

GRANDJEAN, G.; GOURRY, J.C. & BITRI, A. 2000. Evaluation of GPR techniques for civil-engineering applications: study on a test site. Journal of Applied Geophysics, 45: 141 – 156.

	RELATÓRIO TÉCNICO TECHNICAL REPORT	Nº: RL-4450.74-6521-996-BBQ-013	REV: 0
	ÁREA: AREA	GASODUTO CACIMBAS / CATU – GASCAC CACIMBAS / CATU GAS PIPELINE – GASCAC	FOLHA: 18 de 18 PAGE 18 of 18
	TÍTULO: TITLE	Relatório Final do Monitoramento Geológico-Geotécnico das Zonas Cársticas do GASCAC Final Report of the Geologico-Geotecnic Monitoring of GASCAC Carstic Zones	

ISRM (1978). Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock mechanics. International Journal of Rock Mechanics Science and Geomechanics. Abstract. v.15 p. 319-368.

JOL, H.M. & SMITH, D.G. 1995. Ground penetrating radar: antenna frequencies and maximum probable depths of penetration in Quaternary sediments. Journal of Applied Geophysics, 33: 93 – 100.

KRUK, J. van der; SLOB, E.C. & FOKKEMA, J.T. 1999. Background of ground-penetrating radar measurements. Geologie en Mijnbouw, 77: 177 – 188.

MAGALHÃES, F. S.; CELLA, P. R. C. (1998). Estruturas dos maciços rochosos. OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S. N. A.. Geologia de Engenharia. São Paulo. ABGE. Oficina de Texto. p. 39-55.

NIEBLE C. M.; FRANCIS F. O. (1976). Classificação de maciços rochosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1., Anais. Rio de Janeiro. v. 2. p. 378-394.

Oliveira, A.M.S., Brito, S.N.A., 1998. Geologia de Engenharia, São Paulo, ABGE 587p.

POULOS, H.G. & Davis, E.H. (1991) Elastic Solutions for Soil and Rock Mechanics. Centre for Geotechnical Research - University of Sydney.

SANDMEIER, K.J. 2008. REFLEXW Version 4.5 for Windows 9x/2000/NT/XP. Program for the processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refraction and transmission data. Manual do Software, 192 p.

SCHOBENHAUS C.; ALMEIDA CAMPOS D.; DERZE G.R.; ASMUS H.E. (1984). Geologia do Brasil. Brasília, DNPM, 501p.

XAVIER-DA-SILVA, J. Geomorfologia, análise ambiental e geoprocessamento. Revista Brasileira de Geomorfologia. V.1, p. 48-58, jul, 2000.

ZENG, X. & McMECHAN, G.A. GPR characterization of buried tanks and pipes. Geophysics, 62(3): 797 – 806.