



**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**  
**DEPARTAMENTO DE PROJETOS ESTRATÉGICOS**  
Esplanada dos Ministérios – Bloco E – 7º andar  
CEP.: 70062-900 – BRASÍLIA – DF Telefone: (61) 3414-5564

Ofício n.º 20 /DPE/SIH/MI

Brasília, 16 de janeiro de 2012.

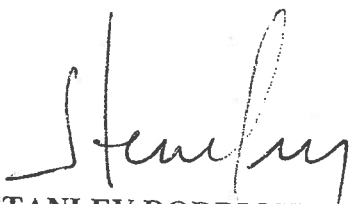
A Sua Senhoria a Senhora  
**GISELA DAMM FORATINNI**  
Diretora de Licenciamento Ambiental - DILIC  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA  
SCEN, Trecho 2, Ed. Sede do IBAMA, Bloco C  
CEP: 70818-900 – Brasília/DF

Assunto: Nota Técnica CGPA 001/2012/DPE/SIH/MI: Programa 27 – Metodologia para classificação dos níveis de criticidade quanto à suscetibilidade à erosão e mapas de suscetibilidade.

Senhor Coordenador,

Em complementação das informações apresentadas na Nota Técnica CGPA 095/DPE/SIH/MI, referente ao Programa de Monitoramento dos Processos Erosivos, item 27 do Projeto Básico Ambiental do Projeto São Francisco, encaminho Nota Técnica e seus anexos, em via impressa e em meio digital, sobre a metodologia utilizada para a classificação dos níveis de criticidade quanto à suscetibilidade à erosão e os mapas de suscetibilidade à erosão dos solos.

Atenciosamente,

  
**STANLEY RODRIGUES BASTOS**  
Diretor Substituto

MMA - IBAMA  
Documento:  
02001.000176/2012-20

Data: 16/01/2012



MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL  
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA  
DEPARTAMENTO DE PROJETOS ESTRATÉGICOS

NOTA TÉCNICA: CGPA 001/2012/DPE/SIH/MI

**ASSUNTO:** Programa 27 - Metodologia utilizada para a classificação dos níveis de criticidade quanto à suscetibilidade à erosão nas áreas da 1ª fase do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional.

## I. INTRODUÇÃO

O Parecer Técnico nº 42/2011/COMOC/CGTMO/DILIC/IBAMA, de 08 de abril de 2011, em relação à análise do Programa de Monitoramento dos Processos Erosivos, item 27 do Projeto Básico Ambiental do PISF, diz o seguinte:

*“PARCIALMENTE ATENDIDO. O programa foi encaminhado sem a justificativa para as alterações.”*

*“(...) Conclui-se que as áreas denominadas suscetíveis à erosão foram apenas identificadas pelo tipo de estrutura que será implantada (como por exemplo, drenos), ou onde as erosões já se instalaram e não por metodologias consagradas. As etapas 1 e 2 desse programa deveriam ter sido realizadas antes da elaboração dos projetos executivos, como os projetos executivos já foram elaborados, eles não levaram em consideração a susceptibilidade à erosão, o que pode ser constatado em alguns locais durante as vistorias.*

*(...) Falta ainda a definição das áreas suscetíveis a erosão numa escala mais adequada”. (Parecer Técnico nº 42/2011/COMOC/CGTMO/DILIC/IBAMA)*

Em resposta a este Parecer foi elaborada a Nota Técnica/CGPA Nº 095/DPE/SIH/MI encaminhada ao Ibama por meio do Ofício nº 704/DPE/SIH/MI, de 09 de setembro de 2011, em que foi apresentada a metodologia utilizada para a classificação dos níveis de criticidade quanto à susceptibilidade à erosão e os mapas de suscetibilidade à erosão dos solos somente do Lote 01.

Esta nota técnica apresenta a complementação das informações apresentadas na Nota Técnica/CGPA Nº095/DPE/SIH/MI, dos demais lotes de obras da 1ª fase do PISF, e a metodologia utilizada para a classificação dos níveis de criticidade quanto à susceptibilidade à erosão nas áreas em estudo.

## II. METODOLOGIA

A elaboração do mapa de suscetibilidade à erosão considerou alguns parâmetros relevantes para a ocorrência de processos erosivos, como: tipos de solos, forma e grau de dissecação do relevo, declividade do terreno e cobertura vegetal do solo.

---

~~A classificação da suscetibilidade à erosão considerou a íntima relação entre a cobertura vegetal e os solos, avaliando-se a capacidade da vegetação em manter a pedogênese, limitando os efeitos da morfogênese e desencadeamento de processos erosivos intensos.~~

A metodologia para gerar os mapas de suscetibilidade a erosão dos solos foi desenvolvida de acordo com as diretrizes a seguir:

- Elaboração dos mapas temáticos de declividade do terreno (%), tipo de solos e densidade da cobertura vegetal da área a ser analisada;
- Divisão dos temas em classes;
- Determinação de pesos para cada um das classes dos temas de acordo com o grau de suscetibilidade que os mesmos possam representar;
- Associação dos temas e classes para soma dos pesos por meio de operadores de álgebra booleana.

No Anexo I são apresentados os mapas de solos, atimétrico, de declividade, de cobertura vegetal e o mapa de suscetibilidade à erosão dos solos dos lotes de obra da 1ª fase do PISF para avaliação deste Instituto, seguindo a metodologia descrita a seguir:

### **Parâmetros de solos**

Com relação aos levantamentos dos solos se utilizou os dados cartográficos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) disponíveis em meio digital, na escala 1:100.000 para o Estado de Pernambuco (EMBRAPA, 2001). Para os Estados de Ceará e Paraíba, foram utilizados os dados do Estudo de Impacto Ambiental de 2005, de levantamento realizado pela empresa Âncora - Cooperativo de Profissionais Liberais (FUNCATE, 2005), contratada do Ministério da Integração Nacional e o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 1995), Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) e a 2ª Edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

A determinação dos pesos de cada tipo de solo levou em consideração algumas propriedades do solo preponderantes na avaliação da suscetibilidade à erosão, tais como: permeabilidade, profundidade, textura, estrutura e umidade do solo; proximidade do lençol freático; pedregosidade e rochiosidade das terras.

### **Parâmetros de relevo**

Os aspectos do relevo como forma, grau de dissecação do relevo e declividade foram avaliados a partir da construção do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC).

O mapa de declividade e o MDEHC foram gerados a partir das seguintes etapas:

- O arquivo de curvas de nível (de 1 em 1 metro) referente ao Levantamento Topográfico no formato (*DWG*) foi convertido para o formato shapefile através do software AutoCad Map;
- Criação de parâmetros topológicos através do software ArcGis 9.3 para filtragem e eliminação de erros;
- Elaboração do Mapa de declividade (ilustrando as classes de declividade em %).

### ***Interpolação das curvas de nível (equidistância de 1 metro)***

Foi utilizado um método de interpolação especificamente designado para criação de Modelos Digitais de Elevação Hidrologicamente Consistentes (MDEHC). Ela é baseada nos trabalhos desenvolvidos por Michael F. Hutchinson, professor da Australian National University, em seu programa ANUDEM 4.6.3. Esta ferramenta interpola os valores de elevação do terreno (em nosso caso altitude em metros) e cria um arquivo de superfície, *raster*, utilizando parâmetros que assegurem uma estrutura de drenagem conectada e a representação correta de ondulações e fluxos.

Essa função de interpolação foi desenhada com o objetivo específico de converter dados vetoriais (curvas de nível com equidistância de 1 metro) em MDEHC.

### ***Parâmetros de Cobertura Vegetal e Uso do Solo***

Para a determinação dos parâmetros de cobertura vegetal foram utilizadas imagens do sensor TM a bordo do satélite Landsat 5 (217/066 de 22/01/2007, 216/066 de 05/04/2007, 216/65 de 28/01/2006 e 215/66 de 19/07/2007). Essas imagens são do tipo L1T do programa GLS 2005 – USGS (obtida por meio da DGI/INPE).

As imagens se encontram corrigidas geometricamente (ortorretificadas), sendo que os arquivos continham as imagens relativas às bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. O processamento foi feito no aplicativo “Sistema de Processamento de Informação Geográfica” (SPRING – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Antes da classificação as imagens foram corrigidas radiometricamente (filtro de restauração), mosaicadas (NN – Vizinho Mais Próximo na sigla em inglês) e realçadas (manipulação histograma).

Os subprodutos modelo linear de mistura com as frações solo, água e vegetação; componentes principais e índice de vegetação (NDVI – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada na sigla em inglês) foram gerados e incluídos nas etapas seguintes de interpretação e classificação.

Com o conjunto de informações devidamente preparado e corregrado foi realizada uma análise de interpretação de imagens e posterior classificação por meio das funções de segmentação (crescimento de regiões), classificação por região (Isoseg e Battacharya) e técnicas de fatiamento cujos resultados usados foram aqueles que melhor separam as classes de interesse.

O produto final da classificação encontra-se no sistema de projeção UTM e Datum SAD-69. As classes geradas foram: alta, média-alta, média e baixa densidade de vegetação, não vegetação e água.

### ***Elaboração e análise dos mapas de suscetibilidade à erosão***

Classificação dos valores obtidos, com a soma dos pesos, em três classes de suscetibilidade à erosão dos solos: pouco crítica, crítica e muito crítica.

A estruturação e geração do mapa de susceptibilidade à erosão dos solos foram efetuadas utilizando o software ArcGIS 10 da ESRI. A determinação dos pesos levou em consideração a suscetibilidade à erosão conforme os quadros a seguir:

**Quadro 1. Classes de solos.**

Tipos de solo	Classes	Peso
Água	-	0
Latossolo Amarelo	LA	1
Planossolo	Cd	1
Neossolos regolítico	RF	2
Neossolos litólico	RF	2
Planossolo Háplico e	SX	2
Planossolo Nátrico		
Argissolo Amarelo	PA	3
Neossolos Quartzarênicos	RQ	3
Neossolos Flúvicos	RF	3
Argissolo Vermelho Amarelo	PV	4
Luvissolo	TCp	4

**Quadro 2. Classes de declividade.**

Classes de Declividade %	Peso
0 - 5%	1
5 - 15%	2
15 - 30%	3
30 - 45%	4
> 45%	5

**Quadro 3. Classes de cobertura vegetal.**

Classes	Pesos
Água	0
Cobertura Vegetal Alta	1
Cobertura Vegetal Média Alta	2
Cobertura Vegetal Média	3
Cobertura Vegetal Baixa	4
Sem Cobertura Vegetal	5

**Quadro 4. Associação dos temas (Soma dos pesos de cada classe).**

Soma dos Pesos	Intervalo	Classe	Legenda
1-4		Baixa	Pouco crítica
5-8		Média	Crítica
> 8		Alta	Muito crítica

Importante salientar que os pesos adotados para geração do mapa referente a suscetibilidade a erosão dos solos foram determinados exclusivamente para a realidade ambiental que se encontra cada elemento em questão na área de estudo.

### III. RESULTADOS

Considerando os resultados dos mapas de suscetibilidade à erosão dos lotes de obras 1, 2, 3 e 4 - Trecho I, Eixo Norte - verificou-se que grande parte da área de suscetibilidade se concentra na classe crítica, conforme apresentados nos Quadros 5 a 9.

**Quadro 5.** Faixa de Domínio do Lote 1 e EBI-1.

<b>Legenda</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Pouco Crítica	256,171	29,30%
Crítica	598,559	68,45%
Muito Crítica	19,659	2,25%
<b>Total</b>	<b>874,389</b>	<b>100,00%</b>

**Quadro 6.** Faixa de Domínio do Lote 2 e EBI-2.

<b>Legenda</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Pouco Crítica	35,275	6,77%
Crítica	313,859	60,21%
Muito Crítica	172,163	33,03%
<b>Total</b>	<b>521,297</b>	<b>100,00%</b>

**Quadro 7.** Faixa de Domínio do Lote 3 e EBI-3.

<b>Legenda</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Pouco Crítica	24,593	6,15%
Crítica	349,476	87,35%
Muito Crítica	26,011	6,50%
<b>Total</b>	<b>400,08</b>	<b>100,00%</b>

**Quadro 8.** Faixa de Domínio do Lote 4.

<b>Legenda</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Pouco Crítica	8,986	2,25%
Crítica	389,383	97,49%
Muito Crítica	1,03	0,26%
<b>Total</b>	<b>399,399</b>	<b>100,00%</b>

De forma resumida, o Trecho I – Eixo Norte possui uma faixa de domínio de 2.195,165 hectares. Em relação a essas áreas, 325,025 ha (14,81%) foram identificadas como "Pouco Crítica", 1.651,277 ha (75,22%) como "Crítica" e 218,863 ha (9,97%) definida como "Muito Crítica". No Quadro 9 é apresentado os valores obtidos para o referido trecho.

**Quadro 9.** Suscetibilidade à Erosão dos Solos – ENT I.

<b>Legenda</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Pouco Crítica	325,025	14,81%
Crítica	1.651,277	75,22%
Muito Crítica	218,863	9,97%
<b>Total</b>	<b>2.195,165</b>	<b>100,00%</b>

Os lotes 5, 6 e 7 - Trecho II, Eixo Norte - apresentou o maior quantitativo das áreas, concentraram-se na classe Crítica, conforme apresentado nos Quadros 10 a 13.

Quadro 10. Faixa de Domínio do Lote 5.

Legenda	Área (ha)	%
Pouco Crítica	9,236	15,51%
Crítica	48,161	80,88%
Muito Crítica	2,152	3,61%
<b>Total</b>	<b>59,549</b>	<b>100,00%</b>

Quadro 11. Faixa de Domínio do Lote 6.

Legenda	Área (ha)	%
Pouco Crítica	78,786	9,63%
Crítica	727,772	88,95%
Muito Crítica	11,638	1,42%
<b>Total</b>	<b>818,196</b>	<b>100,00%</b>

Quadro 12. Faixa de Domínio do Lote 7.

Legenda	Área (ha)	%
Pouco Crítica	15,17	5,68%
Crítica	233,732	87,45%
Muito Crítica	18,381	6,88%
<b>Total</b>	<b>267,284</b>	<b>100,00%</b>

No Trecho II – Eixo Norte, 103,192 ha (9,01%) encontra-se inserida na classe “Pouco Crítica”, um total de 1009,665 ha (88,18%) caracterizadas na classe “Crítica” e 32,171 ha (2,81%) corresponde a áreas com status definido por “Muito Crítica”, como pode ser observado no Quadro 13.

Quadro 13. Suscetibilidade à Erosão dos Solos – EN T II.

Legenda	Área (ha)	%
Pouco Crítica	103,192	9,01%
Crítica	1.009,665	88,18%
Muito Crítica	32,171	2,81%
<b>Total</b>	<b>1.145,028</b>	<b>100,00%</b>

O Trecho V – Eixo Leste, composto pelos lotes 9, 10, 11, 12 e 13 (Estações de Bombeamento 1 a 5), verificou-se que o maior quantitativo das áreas concentrou-se na classe “Crítica”, conforme expresso nos Quadros 14 a 18.

Quadro 14. Faixa de Domínio do Lote 09 e EB V-1, 2 e 3.

Legenda	Área (ha)	%
Pouco Crítica	169,869	13,22%
Crítica	1.085,34	84,44%
Muito Crítica	30,16	2,35%
<b>Total</b>	<b>1.285,369</b>	<b>100,00%</b>

Quadro 15. Faixa de Domínio do Lote 10 e EB V-4.

Legenda	Area (ha)	%
Pouco Crítica	396,602	48,27%
Crítica	418,146	50,89%
Muito Crítica	6,907	0,84%
<b>Total</b>	<b>821,655</b>	<b>100,00%</b>

Quadro 16. Faixa de Domínio do Lote 11 e EB V-5.

Legenda	Area (ha)	%
Pouco Crítica	218,933	24,19%
Crítica	536,577	59,28%
Muito Crítica	149,667	16,53%
<b>Total</b>	<b>905,177</b>	<b>100,00%</b>

Quadro 17. Faixa de Domínio do Lote 12 e EB V-6.

Legenda	Area (ha)	%
Pouco Crítica	50,28	10,31%
Crítica	341,948	70,10%
Muito Crítica	95,561	19,59%
<b>Total</b>	<b>487,789</b>	<b>100,00%</b>

No Eixo Leste – Trecho V há uma área de 785,404 ha (22,77%) na classe “Pouco Crítica”, 282,295 ha (8,18%) definido por “Muito Crítica” e um total de 2382,011 ha (69,05%) como “Crítica”, como apresentado no Quadro 18.

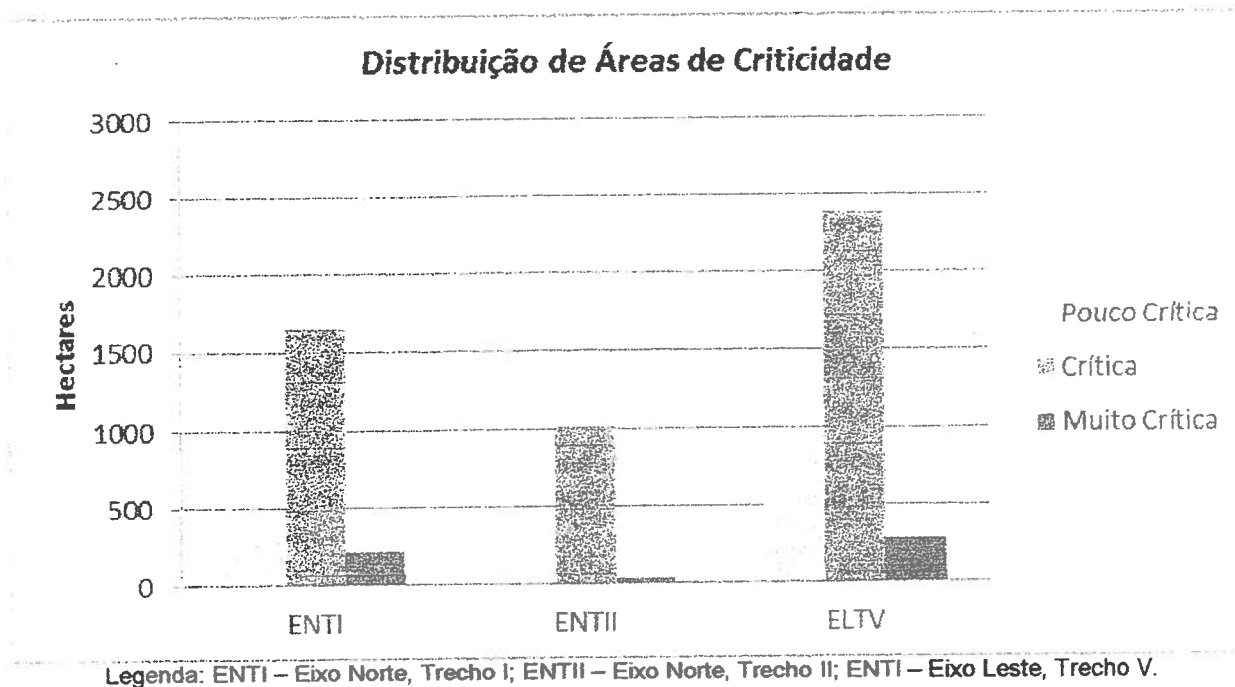
Quadro 18. Suscetibilidade à Erosão dos Solos - ELT V.

Legenda	Area (ha)	%
Pouco Crítica	785,404	22,77%
Crítica	2382,011	69,05%
Muito Crítica	282,295	8,18%
<b>Total</b>	<b>3449,71</b>	<b>100,00%</b>



Na Figura 1 é apresentada a quantidade de áreas em relação ao grau de criticidade dos trechos I, II e V que compreende a 1ª fase do PISF.

Figura 1. Distribuição de áreas de criticidade por trecho de obras da 1ª fase do PISF.



#### IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração do mapa de suscetibilidade à erosão, conforme citado anteriormente nesta nota, considerou alguns parâmetros relevantes para a ocorrência de processos erosivos, como: tipos de solos, forma e grau de dissecação do relevo, declividade do terreno e cobertura vegetal do solo.

Uma base de dados estruturadas em SIG permite uma maior agilidade, eficácia e possibilidade de atualizações constantes das informações, bem como proporciona a obtenção de subsídios para tomada de decisões de maneira organizada.

Os resultados obtidos demonstram que a metodologia usada para a obtenção do mapa de suscetibilidade à erosão dos solos pode ser usada para o uso em avaliações de fragilidade de unidades de paisagem.

Verificou-se que grande parte da área está classificada como crítica devido às características geofitomorfoclimáticas da região. O Ministério da Integração Nacional, por meio de suas subcontratadas, tem tomado as devidas providências para prevenir e mitigar os impactos provenientes da obra, conforme apresentado ao Ibama nos relatórios semestrais de execução.

Importante destacar que o produto apresentado anexo a esta nota técnica atende as Etapas: 1ª - Complementações de dados Planialtimétricos e Pedológicos e a 2ª - Caracterização e Controle das Áreas Críticas Existentes do Programa de Monitoramento de Processos Erosivos, além de subsidiar as demais etapas deste Programa, como a Caracterização e Monitoramento das Áreas de Instabilidade Devido a Processos Construtivos.

## V. BIBLIOGRAFIA

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999, 412p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **2ª Edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006, 306 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Série Manuais Técnicos em Geociências, n.º 4. Celso Gutemberg Souza (coordenador). Rio de Janeiro, 1995. 104 p.

FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA, APLICAÇÕES E TECNOLOGIA ESPACIAIS – FUNCATE. Âncora - Cooperativa de Profissionais Liberais. **Validação e Refinamento das Informações sobre Solos e Levantamento Pré-cadastral de Terras na Faixa de Influência Direta do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. 2005.

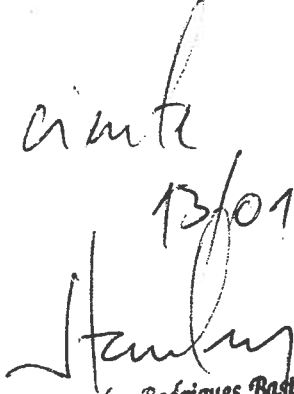
## VI. ANEXO

**Anexo I** – Mapas de Solos, de Altimetria, de Declividade, de Cobertura Vegetal e de Suscetibilidade à Erosão dos Solos dos lotes de obras do PISF.

Brasília, 12 de janeiro de 2012

De acordo. Submeto a consideração do DPE

  
ELIANEIVA DE QUEIROZ VIANA ODÍSIO  
Coordenadora Geral de Programas Ambientais

  
13/01/12  
Stanley Rodrigues Bastos  
Diretor Substituto  
DPE/SIH/MI