



SUSCETIBILIDADE A EROSÃO NO SEMI-ÁRIDO: ANÁLISE DO MUNICÍPIO DE CURAÇA-BA COM O USO DA METODOLOGIA CORINE

SOUZA, Jobabe Lira Lopes Leite de¹
GUIMARÃES, Tayse Lima de Brito²
DIAS, Ramon dos Santos³
SANTOS, Rosângela Leal⁴

RESUMO

Os maiores problemas da região semi-árida da Bahia se relacionam à perda da camada superior dos solos pelos processos erosivos ou por atividades econômicas, à contaminação dos recursos hídricos e a salinização dos solos, onde todos estes tem um rebatimento direto na qualidade de vida da população. O presente trabalho apresenta a carta de risco de erosão dos solos do município de Curaça (BA), que foi determinada pelo método do COOrdination of INformation on the Environment (CORINE). Inicialmente criou-se mapas de textura, profundidade e pedregosidade para gerar o mapa de erodibilidade. Usou-se o cálculo de Fournier para precipitação e de Bagnouls-Gaussen para indicação do período seco gerando o valor da erosividade. Ao se associar o mapa de erodibilidade com os dados de erosividade e a declividade, tem-se o mapa de risco de erosão potencial (PSAR). A erosão real (ASER) é calculada ao se ponderar o uso e a cobertura do solo. O ASER mostrou a predominância de áreas de média susceptibilidade à erosão (69%) e somente 8% das áreas apresentam alto risco de erosão. A alta susceptibilidade das áreas é associada às atividades agrícolas. Esta característica é uma consequência do método de ponderação adotado pelas variáveis usadas, o qual aloca 50% para as atividades humanas. Esta distribuição de pesos é a causa da diferença de resultados entre os modelos de erosão potencial (PSAR) e o real (ASER) gerado pelo método CORINE.

PALAVRAS-CHAVES: Erosão; Solos; CORINE; Semi-árido.

ABSTRACT

Major problems in Bahia semi-arid region are loss of top-soil due to erosion or economic activities, water resources contamination and salinization of soils, that there are direct consequences on the quality of life. In the present study, soil erosion risk of Curaça-Bahia was determined within GIS-based COOrdination of INformation on the Environment (CORINE) soil erosion risk assessment method. Initially soil texture, soil depth, and surface stoniness maps were created and were intersected in GIS environment in order to generating erodibility map. Then, Fournier precipitation and Bagnouls-Gaussen drought indices determined based on meteorological data and erosivity were calculated. The composed erodibility map was co-evaluated within erosivity value and slope map of the site for composing potential erosion risk map (PSAR). The real erosion (ASER) is calculated considering the land use and land cover. The ASER showing a predominance of areas of medium susceptibility to erosion (69%) and once 8% of the area at high risk. The high susceptibility to erosion areas are related to agricultural activities. This feature is consequence of the weight distribution method adopted by the variables used, which allocating 50% to human activities/land use. This distribution is presented as justification for



differentiating between models of erosion potential (PSAR) and the real erosion model (ASER) generated by the method CORINE.

Key-words: Erosion; Soils; CORINE; Semi-arid.

1.0 INTRODUÇÃO

O processo erosivo se apresenta como um dos maiores agentes de modificação da paisagem natural, já que ele está ligado aos processos de desgaste da superfície do terreno com a remoção e transporte dos grãos minerais, em uma contínua modelagem do relevo. Em regiões de climas secos, como no caso de Curaçá, a erosão desencadeia-se ao mesmo tempo em que as rochas estão passando pelo processo de desagregação e decomposição removendo boa parte do solo e, em alguns casos, provocando a denudação da rocha. Neste sentido, pode-se afirmar que a suscetibilidade natural do solo a erosão está relacionado a erosividade da chuva e água corrente, além da erodibilidade do solo, que está vinculada à capacidade do solo de resistir a erosão.

De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1993), os fatores que causam a erosão são caracterizados pelas forças ativas, constituídas pelas chuvas, capacidade de infiltração do solo e declividade e comprimento da rampa; e pelas forças passivas, compostas pela densidade da cobertura vegetal e pela capacidade do solo resistir a ação erosiva.

Nas regiões semi-áridas do Brasil o escoamento superficial é uma das formas mais comuns de degradação do solo pois, além da formação do solo ser um processo lento, é na camada superficial que ficam concentrados a matéria orgânica e os nutrientes. Neste contexto, as chuvas concentradas tendem a formar escoamentos superficiais que carregam os sedimentos retirados da superfície, ocasionando a erosão. Estudos feitos por Walling & Webb (1996), indicam que, em regiões semi-áridas a alta suscetibilidade à erosão pluvial é função do tipo de cobertura vegetal e peculiaridade climática dos ambientes semi-áridos quentes, com valores máximos de erosão nas bacias ocorrendo no intervalo de precipitação anual média entre 300 e 500 mm. Assim sendo, o município de Curaçá (BA), que possui uma pluviosidade média anual de 428 mm, corresponde a um ambientes onde a erosão atinge seus valores máximos.

De forma freqüente, os processos erosivos vêm sendo estudados por diversos especialistas preocupados com as atuações destes no ambiente natural ou mesmo nas áreas



antropizadas. Neste contexto, as técnicas ligadas ao geoprocessamento emergem como auxiliaadoras destas pesquisas, possibilitando a aplicação de modelos teóricos que relacionam as variáveis geradoras dos processos erosivos.

O presente trabalho tem como objetivo aplicar e avaliar a metodologia proposta pelo CORINE (1992) para a geração de um modelo de suscetibilidade a erosão, com o utilização de geotecnologias, no município de Curaçá-Ba.

Os trabalhos de suscetibilidade à erosão que se propõe a construir modelos, são importantes para auxiliar no planejamento do uso e ocupação do solo de forma a inibir ou restringir a mesma, no intuito de amenizar os problemas relacionados a degradação do ambiente.

Entre os estados nordestinos, a Bahia é o que possui hoje, em extensão geográfica, a maior Área Sujeita à Desertificação (ASD), com 490 mil quilômetros quadrados do Estado, o que equivale a aproximadamente 86,8% do território e 289 municípios localizados no semi-árido. A desertificação tem origem a partir não só de fatores físicos e biológicos, mas também sociais, econômicos e políticos. Portanto, combater a desertificação significa discutir os atuais modelos de desenvolvimento no Estado (BAHIA, 2009).

O município de Curaçá possui uma considerável área de produção agrícola, além de estar situada em uma das 4 regiões da Bahia, com maior risco de desertificação (BAHIA, 2009) decorrente da evolução dos processos erosivos superficiais.

2.0 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O município de Curaçá esta localizado na Bahia, na Região Nordeste do Brasil, abrangendo um polígono envolvente com as coordenadas ($x_1 = s 11^{\circ} 05'$; $y_1 = o 41^{\circ} 34'$ e $x_2 = s 07^{\circ} 44'$; $y_2 = o 37^{\circ} 35'$). Este município faz parte da bacia hidrográfica do rio São Francisco e encontra-se inserido na mesorregião vale São – Francisco da Bahia. Limita-se com Juazeiro, Jaguarari, Uauá, Chorrochó, Abaré e com o Rio São Francisco (figura 01).

O clima é semi-árido, quente, com chuvas concentradas em uma quantidade de dias correspondente a cerca de 0,8 mês/ano, sendo que estes dias mais chuvosos se apresentam concentrados entre o verão e o outono, possuindo uma média em torno de 428 mm anuais,



estes em caráter torrencial, o que indica uma alta intensidade pluviométrica (em torno de 513mm), o que vem a desencadear um intenso processo de remoção da camada superficial do solo, influenciando no processo de pediplanação do relevo, característico da região da depressão sertaneja, esta que domina a maior parte da área do município. Há de se destacar as regiões de acumulação fluvial que podem ser encontradas de forma relativamente fácil nas proximidades do Rio São Francisco.

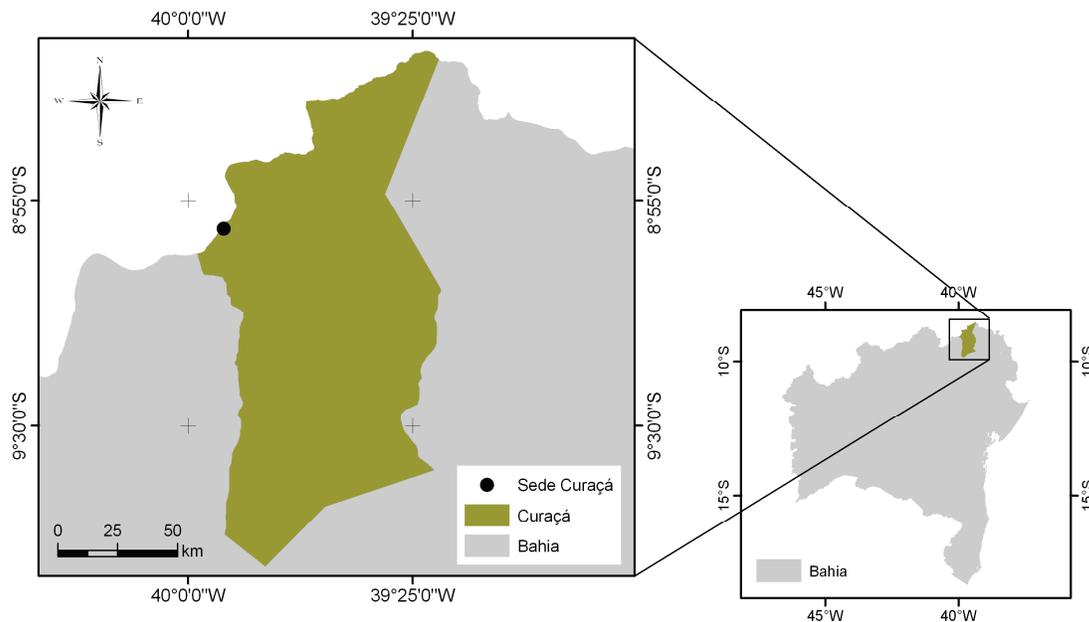


Figura 01: Mapa de localização do município de Curaçá

Dentre os solos do município pode-se perceber uma espacialização com um predomínio de Planossolos Háplicos, Cambissolos Háplicos e Luvisolos Crômicos, além de manchas de Neossolos Litólicos e Regolítico espalhados por todo o município.

O uso e cobertura do solo possui um predomínio de Caatinga Parque e Caatinga Arbórea (BAHIA/SEI, 2003). No entanto, pode-se perceber a presença de manchas de antropização (agricultura e pecuária), principalmente às margens dos poucos rios espalhados pelo município, em sua maioria intermitentes. Há de se destacar o intenso uso da terra, com as atividades agrícolas e pecuárias às margens do Rio São Francisco, favorecendo o processo erosivo. Já que o município de Curaçá possui uma característica forte na atividade agropecuária, que passou por um intenso processo de modernização para atender o mercado externo, como foi analisado nos estudos de Souza *et. al.* 2010.



3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

- Carta ao milionésimo de solos do Projeto RADAMBRASIL (folhas SC 23/24 Aracajú/Recife)
- Mapa de uso e cobertura do solo (BAHIA/SEI, 2003)
- Dados altimétricos obtidos através do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)
- Softwares Arc Map 9.2, Arc View 3.3, SPRING 4.3.3

Os dados referentes aos solos para serem inseridos na equação para os cálculos dos índices de erosão, específicos para a erodibilidade (pedregosidade, profundidade e textura) foram obtidos da carta de solos 1:1.000.000 do projeto Radambrasil. A declividade foi calculada a partir dos produtos SRTM, enquanto a cobertura vegetal foi extraída do SIG Bahia (2003). Os mapas foram gerados no programa Arc View 3.3 e finalizados a partir do ArcMap com a elaboração do layouts.

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Metodologia do Programa CORINE

A metodologia do programa *CORINE* avalia determinada área suscetível à vulnerabilidade a partir de dois tipos de índices: o Índice de Risco de Erosão Potencial (PSER), constituído por variáveis físicas do ambiente associados a clima, solo e relevo e pelo Índice de Erosão Real (ASER), avaliado substancialmente pelos fatores de uso e cobertura do solo. Assim, a suscetibilidade a erosão é avaliada em duas etapas. A primeira constitui no cálculo do PSER a partir da erodibilidade do solo caracterizado pela textura, profundidade e pedregosidade; a erosividade climática a partir dos Índices de Fournier e o Índice de Bagnouls-Gaussen e o relevo, constituído pela declividade. Posteriormente é computado os dados de uso e cobertura do solo, obtendo-se o ASER, como pode ser observado na **Figura 02**.

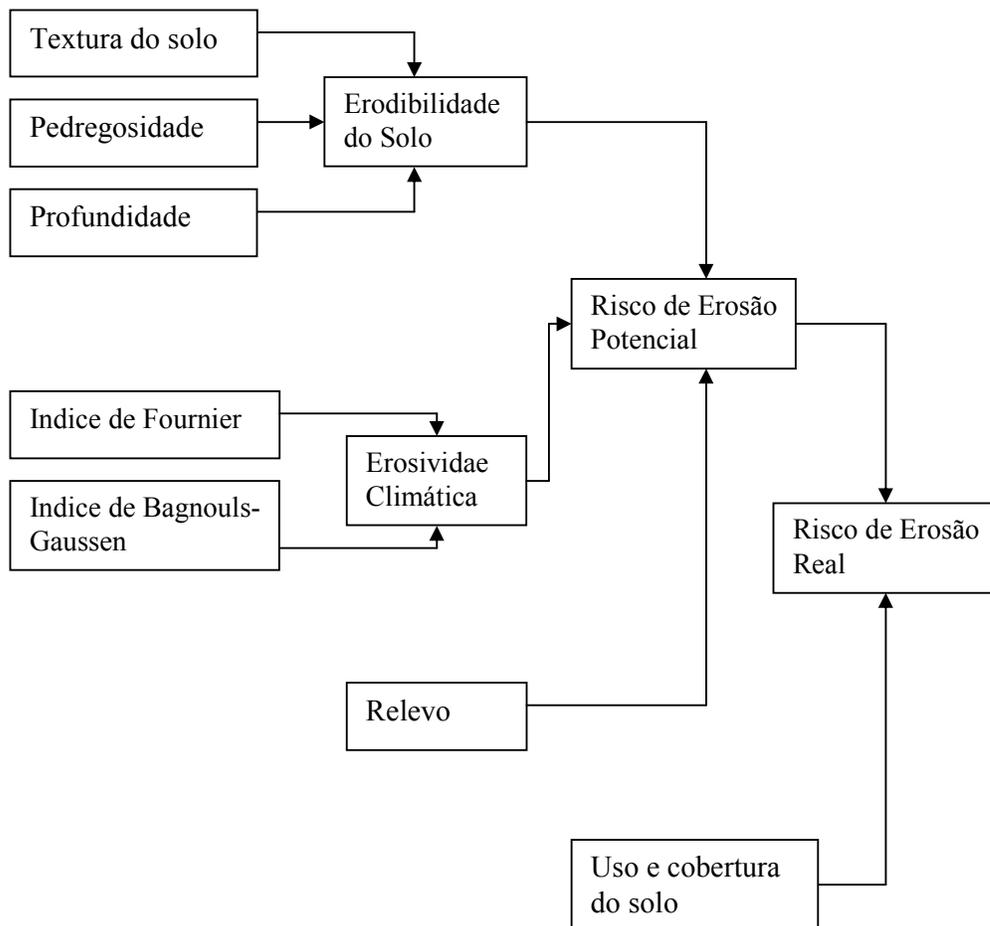


Figura 02: Fluxograma da metodológico proposto por CORINE

3.2.1.1 Índice de erodibilidade do solo (SEI – “Soil Erosion Index”) – Este índice é obtido a partir da multiplicação de suas variáveis:

$$SEI = \text{textura} \times \text{pedregosidade} \times \text{profundidade}$$

3.2.1.2 Índice de erosividade climática (EI – “Erosivity Index”) – A erosividade é calculada a partir o índice de Fournier-Arnoldus – FI (Arnoldus, 1980) e do índice ombrotérmico de Bagnouls-Gausson – BGI (BAGNOULS e GAUSSEN, 1957).

O índice de Fournier adaptado por Arnoldus é caracterizado pela agressividade climática, que é obtida pela expressão:



$$FI = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{p_i^2}{P} \right) \quad \text{Equação 01}$$

Onde: p_i : precipitação total (mm) do mês i ;
 P : precipitação total (mm) média anual.

O índice ombrotérmico de Bagnouls-Gaussen – BGI, é constituído a partir da aridez climática, obtido através do balanço hídrico mensal.

Assim, o valor de EI é obtido pela multiplicação de FI x BGI.

3.2.1.3 Índice de relevo (SI – “Slope Index”) – O índice do relevo foi obtido diretamente da declividade, em percentagem, que foram calculadas a partir das imagens SRTM.

3.2.1.4 Índice do uso e cobertura do solo – Este índice é obtido pela reclassificação das diferentes formas de uso e ocupação contido no mapa, em um sistema binário, sendo 1 as coberturas naturais e 2 as áreas de utilização antrópica.

3.2.1.5 Índice de Erosão Potencial (PSER) – Este índice é estabelecido pela sobreposição dos parâmetros da erodibilidade do solo (SEI), erosividade climática (EI) e topografia (SI).

$$PSER = SEI \times EI \times SI$$

Com o índice de risco a erosão real o valor é obtido através da tabulação cruzada entre os dados do PSER e a cobertura vegetal, de acordo a Tab. 01, sendo que a sua descrição qualitativa é a mesma definida ao índice de PSER.

Cobertura Vegetal	PSER		
	1	2	3
1	1	1	2
2	1	2	3

Tabela 01: Classificação do índice de risco de erosão real – ASER



4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Índice de Erodibilidade do Solo – SEI

No cálculo da erodibilidade do solo, foram utilizados os valores da profundidade do perfil, da textura e da pedregosidade superficial, para cada tipo de solo encontrado na área (Fig. 03). Desta forma, foi possível caracterizar e espacializar os solos segundo a classificação proposta pelo método CORINE (Tab. 02).

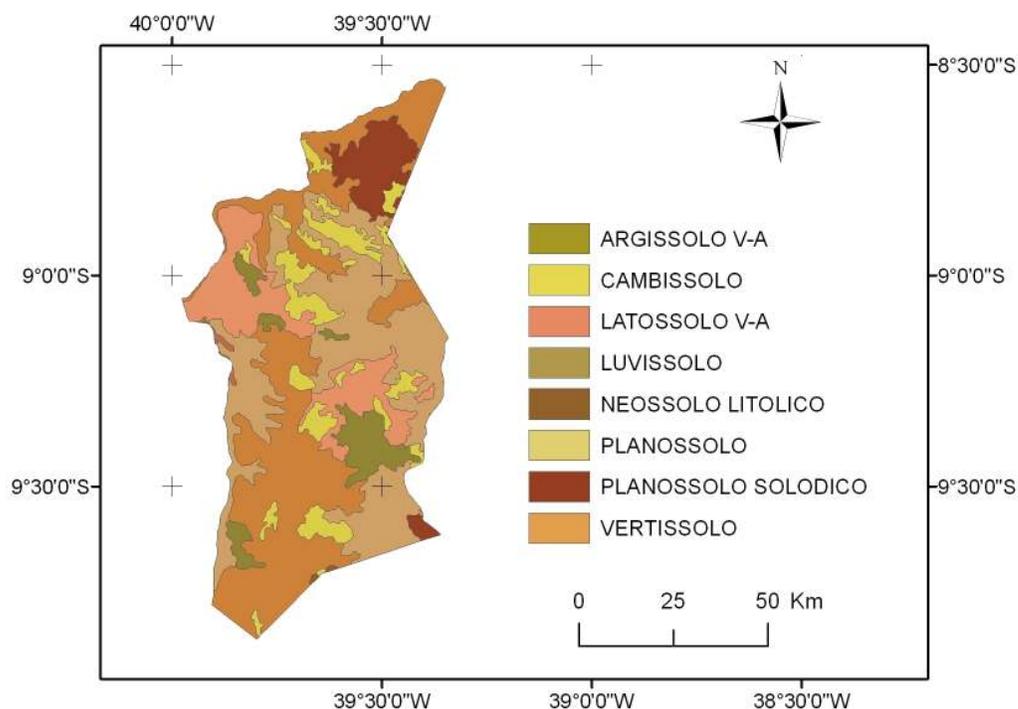


Figura 03: Mapa de tipos de solos

Tabela 02: Vulnerabilidade ao tipo de solo

Solos	Profundidade	V	Textura	V	Pedregosidade	V
	e	*		*		*
LUVISSOLO	70	3	media-argilosa	2	ausente	1
CAMBISSOLO	220	3	argilosa	1	ausente	1
LATOSSOLO V-A	270	2	media-argilosa	2	ausente	1
PLANOSSOLO SOLÓDICO	70	3	arenos- media/media- argilosa	2	ausente	1
ARGISSOLO V-A	120	3	media argilosa	2	ausente	1



PLANOSSOLO	60	3	arenosa/media-argilosa	2	ausente	1
NEOSSOLO LITOLICO	50	3	media e argilosa	2	pouco a superfície	2
VERTISSOLO	120	3	argilosa e muito argilosa	1	ausente	1

* “V” representa a vulnerabilidade para cada variável

4.2 Índice de Erosividade Climática

A partir da aplicação do índice de Fournier para o município de Curaça, calculado a partir da Equação 01, encontrou-se, para os dados das estações meteorológicas locais, um valor variando no intervalo entre 20 e 35, o que corresponde no método CORINE, a um valor de intensidade erosiva de 1.

Para o cálculo do índice ombrotérmico de Bagnouls-Gausson - BGI, foram encontrados valores que caracterizam a área como seca (ver gráfico ombrotermico, Fig. 04), o que para CORINE, caracteriza a área com um índice de erosão 3 para esta variável.

Curva Ombrotérmica segundo Gausson e Bagnouls - Curaçá (1945-1970)

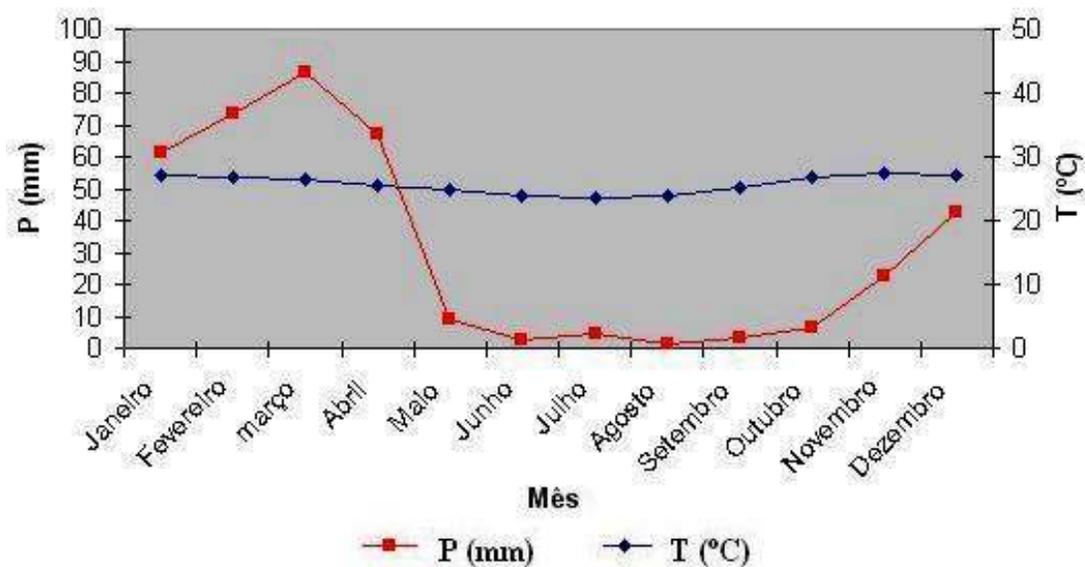


Figura 04: Gráfico ombrotérmico



Assim, tendo em vista que o índice de erosividade climática é igual ao produto do índice de Fournier pelo índice de Bagnolus-Gaussen, temos que este equivale a 3 para toda a área do município.

4.3 Índice de Relevô

O município apresentou uma predominância de áreas de baixa declividade contendo poucas áreas de declividade mais acentuada (Fig. 05), assim, a área de estudo apresenta-se por não conter uma alta vulnerabilidade a erosão pára esta variável. Os valores de vulnerabilidade atribuídos à declividade por CORINE são apresentados na Tab. 03.

Declividade	Intervalo (%)	Vulnerabilidade
Plano	<5	1
Suave	5 - 15	2
Inclinado	15 - 30	3
Muito inclinado	>30	4

Tabela 03: Vulnerabilidade a declividade

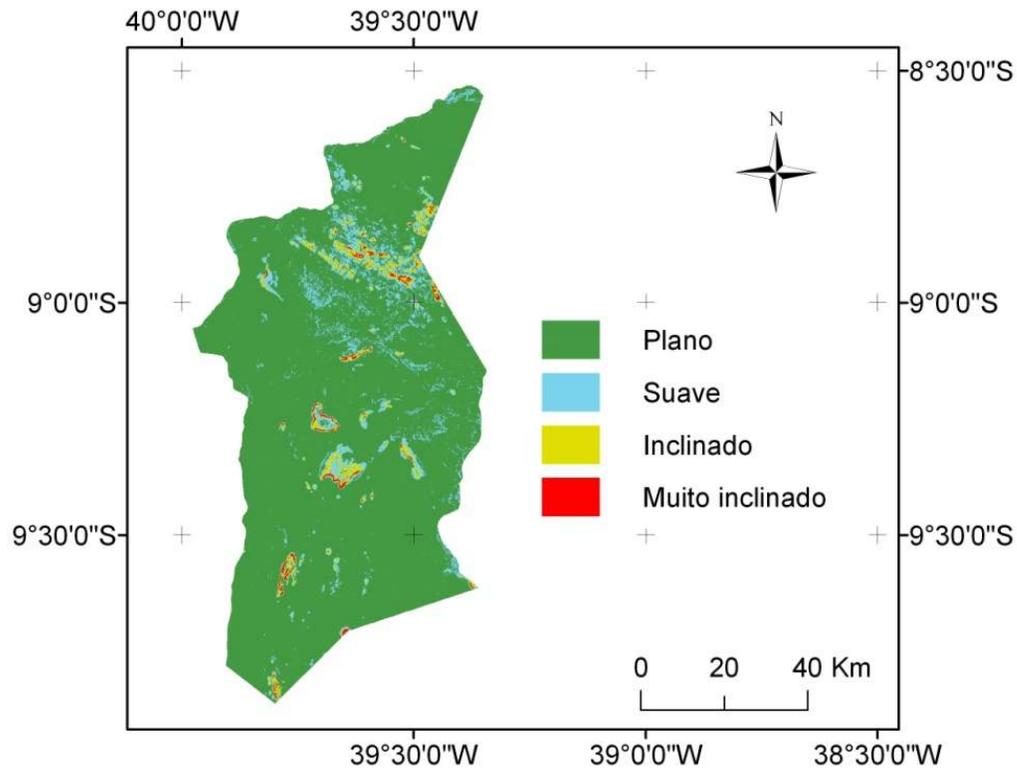


Figura 05: Mapa de declividade da área

4.4 Índice de Risco de Erosão Potencial – PSAR

A partir dos valores das variáveis solos, clima e relevo, foi possível elaborar, através da multiplicação dos fatores, o modelo de erosão potencial apresentado na Fig. 05. Este modelo foi gerado sendo classificado com os três níveis possíveis de erosão (Tab. 04).

Descrição	Intervalo	Vulnerabilidade
Baixo	0 - 5	1
Médio	5 - 11	2
Alto	>11	3

Tabela 04: Vulnerabilidade do PSER

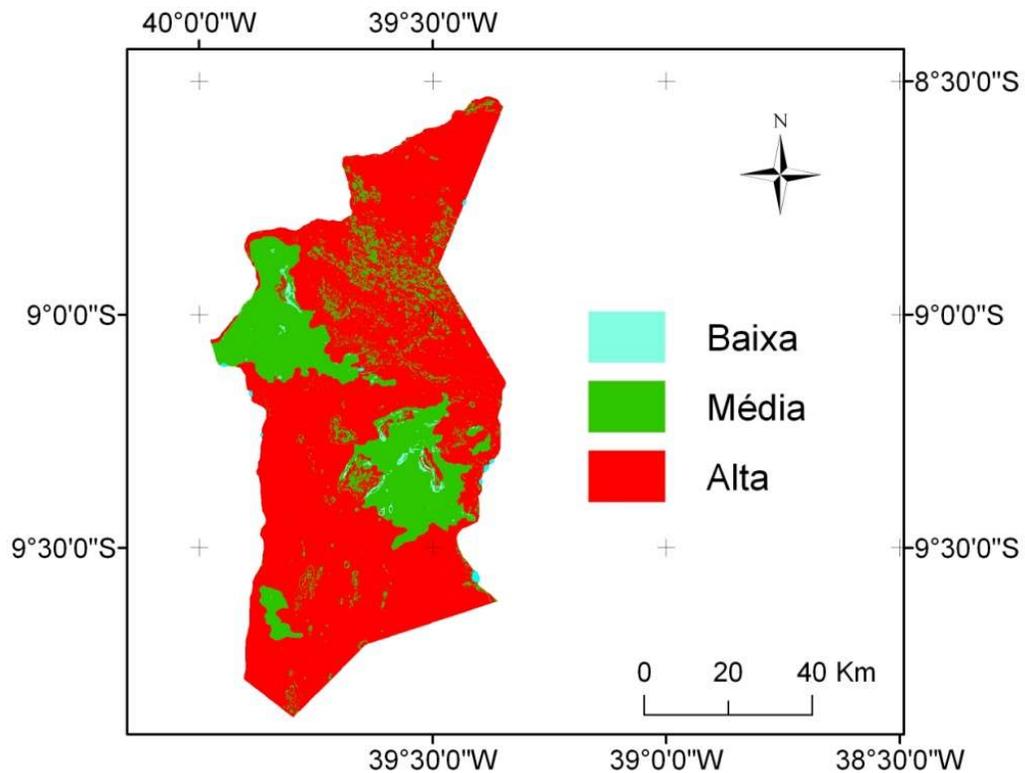


Figura 05: Mapa de Vulnerabilidade a erosão potencial

4.5 Uso e Cobertura do solo

Para a variável uso e cobertura do solo, foi utilizada a classificação apresentada na Tab. 05 e a espacialização foi feita de acordo com a Fig. 06, que apresenta um predomínio de diferentes tipos de caatinga, distribuída em todo território, e áreas de agricultura e pecuária em áreas específicas.

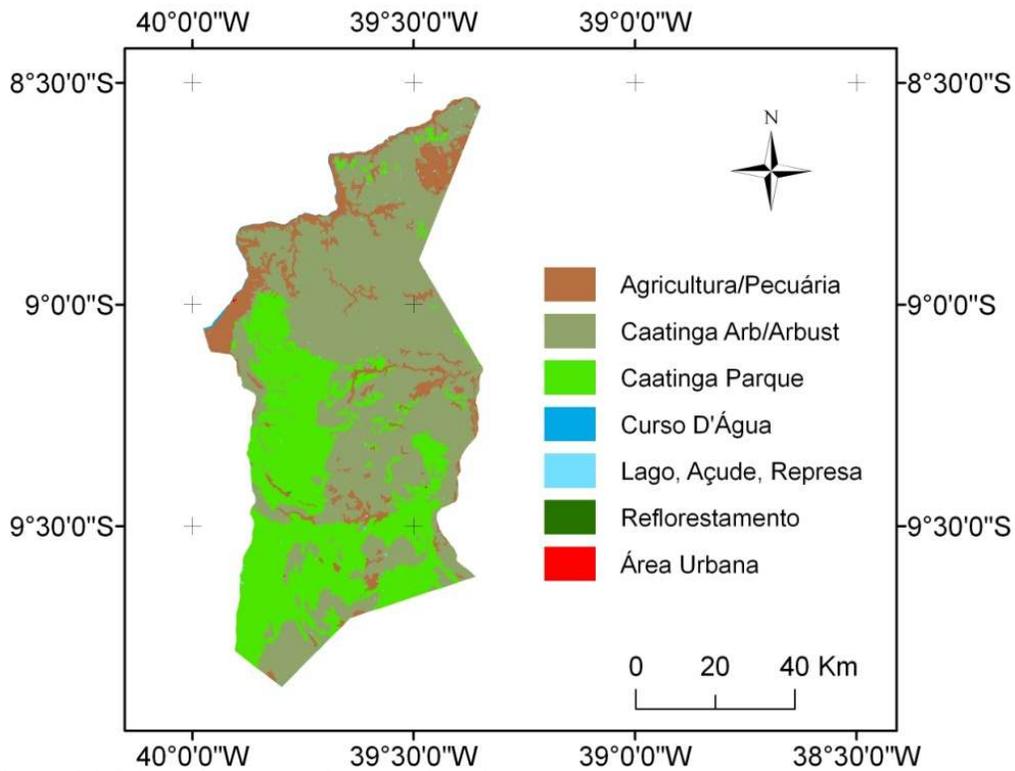


Figura 06: Mapa de uso e cobertura do solo

Tipo de Cobertura do solo	Vulnerabilidade
Agricultura/Pecuária, Área Urbana.	2
Caatinga Arb/Arbust; Caatinga Parque; Curso D'água; Lago, Açude, Represa; Reflorestamento.	1

Tabela 05: valores de Vulnerabilidade para uso e cobertura do solo, adaptado de CORINE.

4.6 Índice de Risco de Erosão Real – ASER

A partir do cruzamento dos mapas de erosão potencial (PSER) (Fig. 04) e o mapa de uso e cobertura da terra (Fig. 06), foi gerada a carta do modelo de suscetibilidade a erosão real (ASER) proposto por CORINE. Desta forma, foi possível identificar as áreas de erosão, classificando-as como áreas de baixa, média e alta suscetibilidade a erosão (Fig. 07).

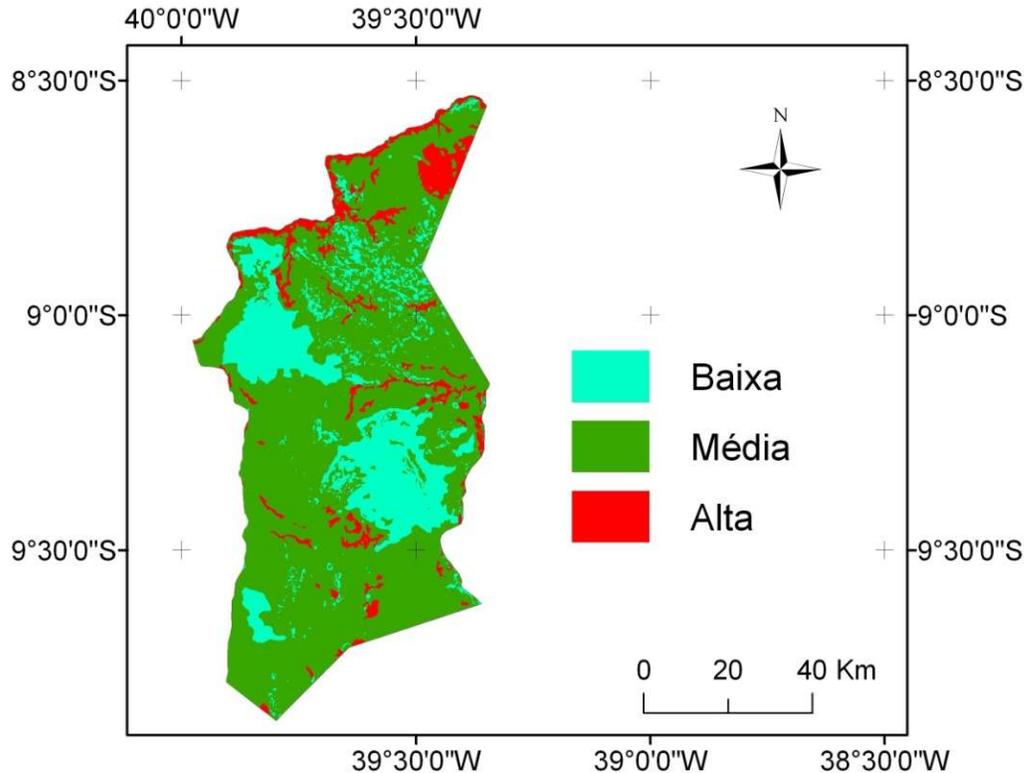


Figura 07: Mapa de suscetibilidade a erosão real

Pode-se perceber que existe no município, uma espacialização das áreas de baixa suscetibilidade a erosão, estas somadas possuem um total de 1373 km², que corresponde, principalmente, aos ambientes de caatinga parque e caatinga arbórea-arbustiva. O município apresenta uma predominância de áreas de risco médio de erosão real, sendo que estas recobrem aproximadamente 4003 km² correspondendo a uma total de 69% do total. No tocante as áreas de alta suscetibilidade a erosão, estas se espacializam por todo o município, e se apresentam concentradas, principalmente, onde o processo de antropização se mostrou atuante, devido principalmente a expansão da atividade agropecuária e a implantação da cultura irrigada (SOUZA et al, 2010), estas áreas abrangem um total de 462 km² o que corresponde a 8% da área estudada.



4.7 Análise geral

Pode-se perceber que devido à estrutura adotada pela metodologia CORINE, atribuindo uma importância de 50% à variável “uso e cobertura do solo”, conferindo papel de maior influência para o cálculo da erosão real, as outras variáveis como o solo, clima, e a morfologia do relevo não são determinantes no processo, visto que somadas, produzem o PSAR, que corresponde aos outros 50% utilizados para a criação do mapa ASER. Devido a esta característica, pode-se entender as diferenças entre os mapas de erosão potencial e o de erosão real. Devido à classificação adotada em CORINE para o uso e cobertura do solo, utilizando apenas duas classes, de certa forma generalizadas, proporciona uma minimização da intensidade da erosão no município de Curaçá, assim justificando a concentração das áreas de alta vulnerabilidade no mapa ASER nas áreas onde há um intenso uso do solo.

5.0 CONCLUSÕES

Pode-se notar, a partir do método proposto por CORINE, que o Município de Curaçá-BA possui em seu território áreas de alta suscetibilidade a erosão. Observou-se também que estas se apresentam localizadas onde ocorrem atividades antrópicas, caracterizadas pela agricultura irrigada e a pecuária, sendo que estas áreas correspondem a aproximadamente 8% do município. As áreas de média e baixa suscetibilidade aos processos erosivos apresentaram uma área de 69% e 24%, respectivamente.

A metodologia aplicada se mostrou capaz de apresentar um modelo de suscetibilidade à erosão para a área. No entanto, ressalta-se que, devido à distribuição de pesos adotada para as variáveis utilizadas, das quais se destaca o elevado grau de importância para a variável uso e cobertura do solo (50%), acaba por impor um alto grau de importância nas atividades antrópicas/cobertura vegetal no processo erosivo, o qual se reflete na diferença entre o modelo de erosão potencial (PSAR) e o modelo de erosão real (ASER). E, muito embora esta metodologia tenha sido desenvolvida para detecção de processos erosivos que conduzam à desertificação, ao se considerar as regiões semi-áridas tropicais, onde se destaca principalmente a ação da intensidade pluviométrica, e, nas práticas agrícolas onde se utilizariam, cultivos perenes em sistemas irrigados, nos levariam a sugerir cautela na aplicação deste modelo e uma avaliação rigorosa dos elementos ponderados bem como uma validação consistente dos resultados indicados.



6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnoldus H.M. **An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation**. M. De Boodt; D. Gabriels. In: Assessment of Erosion. Wiley, Chichester, UK, 1980

BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H. Les climats biologiques et leur classification. **Annales de Géographie**, 1957, t. 66, n° 355, pag. 193-220.

BAHIA/INGA. **Programa Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Salvador, 2009. <www.inga.ba.gov.br> Acessado em 12/12/2009.

BAHIA/SEI. **Sistemas de Informações Geográficas do Estado da Bahia (SIG-Bahia)**. Escala 1:1.000.000. Salvador. CD Rom. 2003.

BARSI, Rodrigo de Oliveira; OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de; ROMÃO, Patrícia Araújo. **Mapeamento das áreas suscetíveis a erosão hídrica nos municípios de Caldas Novas, Nova América e Rio Quente, GO**. 1999.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 2. ed. São Paulo: Editora Ícone, 1993. 352 p.

CORINE. **CORINE Land Cover (Coordination of Information on the environment)**. Comm. of European Communities, Bruxelas. 1992, 106 pp.

SOUZA, Jobabe L. L. L. de; DIAS, Ramon dos S.; OLIVEIRA, Marcos; SANTOS, Rosângela L. **DINÂMICA DA AGRICULTURA NO SEMI-ÁRIDO IRRIGADO BAIANO DE 1990 A 2008: Aplicação de Metodologias Integradas para Análise de Mudança de Uso**. In CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, XXIV, Acajú/SE, 2010.

WALLING, D.E.; WEBB, B.W. Erosion and sediment yield: a global view. **International Association of Hydrological Sciences Publication**, no. 236: 3–19. 1996.