



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CAMPUS DE POMBAL-PB**

ATAIAS SARMENTO SÁ

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE
AMBIENTAL DO PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO NO MUNICÍPIO DE
SOUSA - PB**

POMBAL-PB

2016

ATAIAS SARMENTO SÁ

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE
AMBIENTAL DO PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO NO MUNICÍPIO DE
SOUSA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar, da
Universidade Federal de Campina Grande,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. LUÍS GUSTAVO DE
LIMA SALES

**POMBAL-PB
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S111u Sá, Ataias Sarmiento.
Uso de geotecnologias para o mapeamento da fragilidade ambiental do perímetro irrigado de São Gonçalo no Município de Sousa-PB/ Ataias Sarmiento Sá. – Pombal, 2016.
60 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental)
- Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar.
"Orientação: Prof. Dr. Luís Gustavo de Lima Sales".
Referências.

1. Engenharia Ambiental – Degradação Ambiental – Sousa/PB.
2. Mapeamento. 3. Fragilidade Ambiental. 4. Geotecnologias.
5. Degradação Ambiental. I. Sales, Luís Gustavo de lima. II. Título.

CDU 62:504.5(813.3)(043)

ATAIAS SARMENTO SÁ

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE
AMBIENTAL DO PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO NO MUNICÍPIO DE
SOUSA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Prof. Dr. LUÍS GUSTAVO DE LIMA SALES

Aprovado em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luís Gustavo de Lima Sales

(Orientador – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

Prof^a. Dr^a. Ricélia Maria Marinho Sales

(Examinador Interno – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

Prof. Dr. Valner da Silva Nogueira

(Examinador Externo – conforme Resolução 01/2012)

Dedico esse trabalho aos meus pais Maria Lúcia Sarmiento (in memoriam), Manoel Messias Felix de Sá e minha irmã Thayres Sarmiento Sá.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado o dom da vida.

Aos meus pais, Maria Lúcia Sarmento (*in memoriam*), Manoel Messias Felix de Sá e a minha irmã Thayres Sarmento Sá, sempre me apoiando e incentivando para concretização dos meus sonhos, por mais difícil que fosse.

A minha namorada e mulher da minha vida, Myrla Oliveira de Freitas, pelo seu amor, carinho e companheirismo.

Aos meus amigos Kaio Vinicius, Maria Juliana, Antônio Oliveira, Wosley Nogueira, e todos os outros que fizeram parte desse momento, pela ajuda nesse trabalho e toda amizade durante o curso, que levarei para toda vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luís Gustavo de Lima Sales, pelos ensinamentos passados, amizade e confiança.

A Manoel Faustino da Silva Neto, pela ajuda na realização do mapa de solos da região.

Ao CCTA e todos os professores da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental, em especial aos professores: Luís Gustavo de Lima Sales, Helber Rangel Formiga Leite de Almeida, José Cleidimário Araújo Leite, Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira, Manoel Móises Ferreira de Queiroz, Paulo Xavier Pamplona e Vitor Abílio Sobral Dias Afonso, por todos os ensinamentos repassados durante essa etapa da minha vida.

Aos técnicos do DNOCS – São Gonçalo, Ivan Alves de Oliveira e Carlos Augusto Ferreira Dias, pela disponibilização do mapa do PISG e ajuda na pesquisa.

Meu muito obrigado a todos que contribuíram de alguma forma para essa pesquisa.

SÁ, A. S. **Uso de Geotecnologias para o Mapeamento da Fragilidade Ambiental do Perímetro Irrigado de São Gonçalo no Município de Sousa - PB.** 2016. 60 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2016.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo mapear as áreas com diferentes graus de fragilidade ambiental do perímetro irrigado de São Gonçalo (PISG) no município de Sousa – PB, com uso de geotecnologias. Com base nos procedimentos metodológicos de Ross (1994), foram criados os mapas de declividade, solos, vegetação (graus de proteção) e pluviosidade, no software QGIS (2.14), SPRING (5.2) e Google Earth, sendo cada um desses mapas analisados para a geração do mapa de fragilidade ambiental ou potencial da região. O PISG possui uma declividade baixa com algumas ondulações e morros, solos do tipo neossolo flúvico, neossolo litólico, argissolo vermelho-amarelo eutrófico, vertissolo e planossolo nátrico, o grau de proteção da região é considerado intermediário na maior parte do seu território com cerca de 33,9% caracterizado pelas culturas de ciclo longo, pastagem com baixo pisoteio e sub-bosques de vegetação nativa, apresenta fragilidade ambiental frente a chuva muito forte, característica da região onde está localizado o PISG com chuvas irregulares durante o ano e episódios de chuvas intensas, com média anual de 894 mm. Os resultados indicaram que no PISG predominam os níveis de fragilidade ambiental baixa e média, seguida pelos níveis de fragilidade forte e algumas áreas com fragilidade muito forte. Os índices de fragilidade ambiental mais elevados foram registrados em áreas com relevo mais acentuado ou com o uso da agricultura intensiva sem práticas conservacionistas adequadas. As áreas com grau intermediário de fragilidade devem ser monitoradas e as áreas com fragilidade muito alta devem ser usadas técnicas de recuperação.

Palavras-chaves: mapeamento, fragilidade Ambiental, geotecnologias, degradação ambiental, erosão.

SÁ, A. S. **Use of Geo-technology for mapping environmental fragility of the Irrigated Perimeter of *São Gonçalo* in *Sousa* - PB.** 2016. 60 fls. Work Completion of course (Diploma in Environmental Engineering) – Federal University of *Campina Grande*, *Pombal-PB*. 2016.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the different degrees of environmental fragility of the Irrigated Perimeter of *São Gonçalo* (PISG) in *Sousa* - PB, using geo-technology. Based on the methodological procedures of Ross (1994). The slope maps were created, soils, vegetation (degree of protection) and rainfall in QGIS software (2.14), SPRING (5.2) and Google Earth. As each of these maps analysed for the generation of environmental fragility map or potential of the region. The PISG has a low slope with some undulations and hills, the type fluvisol soils udorthent, red-yellow eutrophic argisol vertisol and planosol nátrico, the degree of protection in the region is considered intermediate in most of its territory about 33.9% characterized by long cycle crops, grasslands and the low trampling with sub-forests of native vegetation, characteristic of the region where is located the PISG with irregular rainfall during the year and episodes of rain intense, with an annual average of 894 mm. The results indicated that the PISG has environmental fragility levels predominantly medium and low, followed by strong fragility levels and some areas with very strong weakness. The largest environmental fragility indexes were recorded in areas with sharp relief or with the use of intensive agriculture, without proper conservation practices. Areas with intermediate degree of fragility should be monitored and areas with very high fragility should be used recovery techniques.

Keywords: mapping, environmental fragility, geo-technology, environmental degradation, erosion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dados Pluviométricos do Ano 2011	29
Figura 2 – Dados Pluviométricos do Ano 2012	29
Figura 3 – Dados Pluviométricos do Ano 2013	30
Figura 4 – Dados Pluviométricos do Ano 2014	31
Figura 5 – Dados Pluviométricos do Ano 2015	31
Figura 6 – Criação de bovinos no PISG	34
Figura 7 – Dreno do PISG	34
Figura 8 – Solo com problemas de erosão	40
Figura 9 – Antigo criatório de Peixes (piscicultura)	42
Figura 10 – Áreas em diferentes estágios de proteção	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da fragilidade pelo tema solos	26
Tabela 2 – Graus de Proteção do Solo pela Cobertura Vegetal	27
Tabela 3 – Índices de Declividade Aplicadas as Classes de Fragilidade Ambiental	27
Tabela 4 – Níveis Hierárquicos das chuvas	28
Tabela 5 – Solos encontrados no PISG	38
Tabela 6 – Graus de Proteção ao solo	45
Tabela 7 – Dados das Classes de Fragilidade Ambiental.....	53

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

EVI – Índice de Vegetação Melhorado

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

GPS – Sistema de Posicionamento Global

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

NBR – Norma Brasileira

NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

PISG – Perímetro Irrigado de São Gonçalo

RENDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada com Banda Red Edge

SIG – Sistemas de Informações Geográfica

SR – Sensoriamento Remoto

UTM – Universal Transversa de Mercator

LISTA DE MAPAS

MAPA 1 – Localização do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa – PB.....	20
MAPA 2 – Mapa Hipsométrico.....	33
MAPA 3 – Mapa de Declividade.....	34
MAPA 4 – Mapa de Solos.....	38
MAPA 5 – Mapa de Pluviosidade.....	40
MAPA 6 – Mapa do NDVI.....	44
MAPA 7 – Mapa do RENDVI.....	45
MAPA 8 – Mapa do EVI.....	46
MAPA9 – Mapa da Vegetação (Graus de Proteção)	47
MAPA 10 – Mapa de Fragilidade Ambiental.....	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	17
2.2 EROÇÃO	18
2.3 ECODINÂMICA E FRAGILIDADE AMBIENTAL	19
2.4 USO DO GEOPROCESSAMENTO NO MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	22
3.2 MODELAGEM E CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS	23
3.2.1 Temas	23
3.2.2 Sistema de Projeção Cartográfica.....	24
3.2.3 Escala e Precisão.....	24
3.2.4 Atributos	24
3.2.5 Formas de Armazenamento	24
3.2.6 Entrada de Dados Gráficos	25
3.2.7 Topologia	25
3.3 PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS PARA CRIAÇÃO DO MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL	26
3.3.1 Mapa de Solos	26
3.3.2 Mapa de Uso e Ocupação do Solo/Cobertura Vegetal.....	27
3.3.3 Mapa de Declividade.....	28
3.3.4 Mapa de Fragilidade do Clima (Pluviosidade)	28

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1 Mapa de Declividade	34
4.2 Pedologia.....	39
4.3 Comportamento das Chuvas	43
4.4 Mapa da vegetação	45
4.5 Mapa de Fragilidade Ambiental	52
5. CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso básico que suporta toda a cobertura vegetal de terra, sem a qual os seres vivos não poderiam existir (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2008). Com o uso indiscriminado deste recurso pelo homem, muitas áreas são degradadas, tornando o solo inapropriado para diversas atividades.

O problema da degradação ambiental existe desde a antiguidade, quando o humanidade passou a utilizar de forma inadequada os recursos naturais. Dentre as principais causas da degradação destacam-se o desmatamento, o manejo inadequado da agricultura, o superpastejo, a exploração da vegetação para combustível e a atividade industrial (KOBAYAMA *et al.*, 2001).

A degradação em áreas agrícolas é a que mais tem crescido no mundo. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), cerca de 33% das terras do planeta se encontram degradadas, seja por razões físicas, químicas ou biológicas.

Com o aumento da exploração dos recursos naturais pela humanidade, os ambientes tornam-se cada vez mais frágeis e susceptíveis a degradação. Segundo Ross (1994), a maior parte dos ambientes naturais do planeta estão ou estavam em equilíbrio dinâmico até o momento em que a ação antrópica passou a progressivamente intervir mais intensamente na exploração dos recursos naturais.

A metodologia de Tricart (1977), mostra o conceito da ecodinâmica que se baseia no estudo da dinâmica dos ecótopos. Os ecossistemas e suas relações com os diversos componentes da dinâmica e as interações com os fluxos de energia e matéria no meio ambiente, enfoca a teoria dos sistemas. Para Tricart (1977), esse sistema é o:

Conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema (1977, p.19).

Com relação a dinâmica os ambientes quando estão em desequilíbrio dinâmico são considerados instáveis, quando o equilíbrio dinâmico é mantido os ambientes são considerados estáveis (TRICART, 1977).

Ross (1990), baseado nos critérios de equilíbrio dinâmico desenvolvidos por Tricart (1977), caracterizou as Unidades Ecodinâmicas Estáveis como sendo aquelas

que não sofreram alterações antrópicas, permanecendo em seu estado natural ou sofreram alterações mínimas, enquanto que as Unidades Ecodinâmicas instáveis são as que sofreram alterações antrópicas significativas, modificando intensamente o ambiente.

A fragilidade do solo tem relação direta com os processos erosivos, e conseqüente vulnerabilidade a esses processos. As características físicas, químicas e biológicas dos solos tornam solos mais susceptíveis ou não a erosão. Em geral, solos bem estruturados e com uma cobertura vegetal mais densa tendem a resistir mais aos efeitos da erosão, enquanto que solos com baixa cobertura vegetal e pouco estruturados são mais afetados pela erosão.

O perímetro irrigado de São Gonçalo é afetado pelos processos erosivos principalmente pela intensidade das chuvas que acometem a região, como também o manejo inadequado da irrigação, caracterizado pela drenagem inadequada e a falta de técnicas para conservação do solo dessa região, o que torna esse solo cada vez mais exposto a esses processos.

O PISG está situado nas cidades de Sousa e Marizópolis, as margens da BR 230. Sua implantação teve início no ano de 1972 e só no ano de 1973 foram concretizados os serviços de administração, operação e manutenção da infraestrutura local, possui uma área de aproximadamente 5.548,53 ha, com cerca de 480 irrigantes ou colonos, a água para irrigação e consumo da região vem dos açudes São Gonçalo e Engenheiro Ávidos (DNOCS, 2011).

O principal meio de produção da região são o coco, banana e algumas culturas de ciclo curto como arroz, feijão e milho. Do ponto de vista econômico, a região do perímetro irrigado é o principal meio de renda para a maioria das famílias nessa região, através da produção agrícola (NETO *et al.*, 2012). Com o manejo inadequado e a escassez hídrica da região, o PISG diminuiu consideravelmente sua produção.

A região onde está localizado o PISG possui um relevo variando de plano a suave ondulado, onde predominam os solos do tipo neossolos. A vegetação natural é classificada como contato caatinga-floresta estacional com algumas formações pioneiras com influência fluviomarinha. (SILVA *et al.*, 2013)

As técnicas usadas para identificar áreas fragilizadas e, ou em processo de degradação, atualmente são escassas. Dentre as principais estão as técnicas de geoprocessamento, com destaque para os Sistemas de Informações Geográficas

(SIG), que pode ser utilizado como ferramenta para o mapeamento e à análise espacial, principalmente devido a sua capacidade de armazenamento e análises das informações.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo geral, identificar a fragilidade ambiental das áreas no Perímetro Irrigado de São Gonçalo através do uso de geotecnologias.

Para identificação das principais áreas fragilizadas, foram realizados os seguintes objetivos específicos:

- Gerar os mapas de pluviosidade, declividade e pedológico;
- Gerar o mapa de uso e ocupação do solo (graus de proteção) da região;
- Sobrepor as informações para geração do mapa de fragilidade ambiental;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Degradação Ambiental

As áreas degradadas são caracterizadas por valas erodidas e empobrecidas que afetam outros agentes como instabilidade hidrográfica, produtividade, diversidade biológica, dentre outros (PARROTA, 1992).

Para Lepsch (2011), quando o solo está em harmonia com o ambiente, este é considerado sadio, em contrapartida um solo em desarmonia está em degradação, dependendo da magnitude dessa degradação e sua velocidade, mais negativamente influenciará todo o ambiente em que se situa.

Segundo Reis *et al.* (1999), consideram-se áreas degradadas aquelas submetidas a impactos que diminuíram ou impediram a sua capacidade de restabelecer-se naturalmente através de processos sucessionais.

Segundo Bai Zg *et al.* (2008), a degradação do solo pode ser definida como a perda em um longo prazo da função do ecossistema e de sua produtividade, causada por intervenções que não podem ser recuperadas sem ajuda.

O conceito de degradação ambiental comumente está relacionado aos efeitos ambientais negativos ou adversos, causados principalmente pela atividade antrópica. Dificilmente se aplica às alterações através de processos naturais ou fenômenos naturais. Em geral o conceito de degradação pode variar de acordo com a área de conhecimento envolvido e de acordo com o uso atribuído ao solo. (TAVARES, 2008).

A Associação Brasileira de normas Técnicas (ABNT) na sua norma NBR 10703, define degradação ambiental como sendo a “alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento quanto os potenciais” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989 p.16.).

Do ponto de vista geomorfológico, assume o conceito de *land disturbance* que está relacionado com as diversas atividades humanas como a agricultura, urbanização, mineração, construção civil, pastagem etc. Esses distúrbios possuem menor importância, podem ser recuperados e voltar a um estágio aceitável de produtividade de acordo com um plano de uso prévio (TAVARES, 2008).

A degradação do solo está relacionada aos seguintes fatores: Lixiviação e acidificação, excesso de sais ou salinização, desertificação, poluição, degradação física, erosão hídrica e eólica (LEPSCH, 2011).

2.2 Erosão

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2008), erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento. Em geral a erosão do solo constitui, a principal causa do depauperamento acelerado das terras. As enxurradas, provenientes das águas de chuva que não ficaram retidas sobre a superfície, ou não se infiltraram, transportam partículas de solo em suspensão e elementos nutritivos essenciais em dissolução. Esse transporte de partículas de solo se pode ser feito, também, por ação do vento.

Um dos principais problemas da degradação das terras é a erosão do solo, esse é um importante fenômeno da deterioração ambiental. Muitos estudos sobre a erosão tem sido feitos mundialmente por um longo tempo. Desde o final dos anos 80, quando as tecnologias de Sensoriamento Remoto (RS) e Sistema de Informação Geográfica (SIG), foram utilizados para o monitoramento dos processos erosivos do solo, grandes progressos foram feitos no âmbito da pesquisa sobre a erosão e na conservação do solo (SOBRINO e RAISSOUNI, 2000; YULIANG e YUN, 2002).

As atividades de exploração das terras que mais contribuem para acelerar a erosão dos solos, são principalmente: a aração, o plantio e o cultivo (no sentido “morro abaixo”), as queimadas intensas e o pisoteio excessivo de animais. Os mineradores e madeireiros também contribuem para a destruição da vegetação natural, revolvendo o solo, facilitando a ação erosiva da água e do assoreamento (LEPSCH, 2011).

Segundo Bertoni e Lombardi (2014), existem três tipos de desgastes causados pela erosão: erosão laminar, erosão em sulcos e erosão em voçorocas ou desbarrancados.

A erosão laminar é caracterizada pelo arraste uniforme e suave em toda a extensão que está sujeita ao agente. Os primeiros componentes do solo a serem carregados são a matéria orgânica e as partículas de argila. Uma das principais características para a identificação da erosão laminar é a diminuição da produtividade das culturas, visto que os principais elementos do solo foram perdidos (MAGALHÃES, 2001).

A erosão por sulcos é resultante de pequenas irregularidades no terreno, fazendo com que a enxurrada em alguns pontos do terreno aumente o seu volume e velocidade, formando sulcos cada vez mais profundos. Esse tipo de erosão é ocasionada principalmente por chuvas de grandes intensidades em terrenos com alta declividade (BERTONI e LOMBARDI, 2014).

Caso os sulcos não sejam controlados desde o início, eles podem se aprofundar cada vez mais, vindo a transforma-los em voçorocas (LEPSCH, 2011).

Segundo Bertoni e Lombardi (2014), o último estágio da erosão é a voçoroca, após vários anos de enxurradas que vão tornando maiores os sulcos, vai aumentando de tamanho carreando grande quantidade de solos, gerando enormes cavidades extensas e profundas.

2.3 Ecodinâmica e Fragilidade Ambiental

A ecodinâmica é baseada no estudo da dinâmica dos ecótopos, segundo a metodologia de Tricart (1977). Essa dinâmica é de fundamental importância para o desenvolvimento dos recursos ecológicos e sua conservação, assim como a dinâmica da biocenoses.

Para exemplificar essa dinâmica Tricart (1977) citou um campo de dunas, que são formados apenas em solos arenosos, sendo assim eles se assemelham as unidades litológicas oferecendo as condições edáficas específicas para esse ecossistema.

A areia pode ser deslocada pela ação do vento, essa movimentação faz com que a areia melhore sua granulométrica gradativamente se tornando mais uniforme. Em consequência desse movimento há a grande limitação ecológica, poucas espécies de plantas conseguem sobreviver nesse ambiente, principalmente, pela falta de um sistema radicular desenvolvido que impedem sua reprodução.

Em contrapartida Tricart (1977), evidenciou que mesmo em condições tão adversas para sobrevivência vegetal, existem plantas adaptadas a esse ambiente, que com o tempo e certas circunstâncias podem se reproduzir através do fenômeno chamado “mergulha natural”, caracterizado pelo crescimento radicular em galhos de certas plantas, gerando uma nova planta.

A movimentação da areia enterra esses galhos e acelera o processo de reprodução dessas espécies. Uma das características principais das espécies adaptadas a esse ecossistema é a de possuir uma biomassa pequena, assim a movimentação da areia não é comprometida, havendo um equilíbrio mútuo entre a areia, os processos morfodinâmicos e a biocenose.

Por fim Tricart (1977), caracteriza uma unidade ecodinâmica integrando ao conceito de ecossistema os diversos componentes da dinâmica e do ambiente e suas inter-relações juntamente com os fluxos de energia e, ou matéria no meio ambiente.

Com a ação humana sobre a dinâmica natural é cada vez mais necessário estudar a organização do espaço para corrigir alguns aspectos desfavoráveis, conseqüentemente facilitando a exploração dos recursos ecológicos existentes no meio. São utilizados três tipos de meios morfodinâmicos de acordo com a ação dos processos atuais, são eles: meios estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis (TRICART, 1977).

De acordo com Tricart (1977), os meios estáveis são caracterizados por apresentarem uma cobertura vegetal densa, dissecação moderada e ausência de manifestações vulcânicas, possuem mecanismos de compensação e auto regulação. Os meios intergrades são delicados e podem se transformar em meios instáveis, comprometendo sua exploração. Já os meios altamente instáveis são regiões muito degradadas, algumas vezes por causas naturais, mas na maioria das vezes por causas antrópicas.

Ross (1994), faz uma adaptação aos conceitos formulado por Tricart, classificando as unidades ecodinâmicas em estáveis ou de instabilidade potencial e unidades ecodinâmicas instáveis ou de estabilidade emergente, para a classificação da fragilidade dos ambientes.

A fragilidade dos ambientes é reflexo tanto dos fatores naturais de sua formação, como também de mudanças causadas por atividades socioeconômicas, o ambiente está sujeito a sofrer mudanças tanto naturais como por intervenções socioeconômicas (CRISPIM, 2014).

De acordo com Kawakubo *et al.*(2005), a fragilidade ambiental potencial é denominada também de vulnerabilidade natural associada aos graus de proteção que os diferentes tipos de usos e cobertura vegetal exercem.

Para a identificação e análise das áreas fragilizadas, atualmente são empregadas as ferramentas de geoprocessamento, devido a fácil manipulação das informações até mesmo de áreas muito extensas em um tempo relativamente baixo.

2.4 Uso do Geoprocessamento no mapeamento da fragilidade ambiental

Para Rodrigues (1993), geoprocessamento consiste no conjunto de tecnologias voltadas para a coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico e envolve quatro categorias de técnicas relacionadas ao, tratamento, análise e uso integrado de informação espacial.

Segundo Baptista (1997), o geoprocessamento é um suporte tecnológico com o objetivo de melhorar a gestão do espaço, englobando as ciências e técnicas, como a cartografia, topografia, Geodésia, técnicas de aquisição de imagens e processamento digital de SR e a manipulação dessa imagens em SIG.

Sensoriamento remoto é a tecnologia que possibilita a obtenção de imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação da energia emitida ou refletida pela superfície. O termo sensoriamento é referente à obtenção dos dados, já o termo remoto é usado porque a obtenção dos dados ou imagens é feita a distância (FLORENZANO, 2002).

Para Fitz (2008), os SIG's apresentam como principais componentes o hardware, software, dados e peopleware. Dependendo das necessidades de cada usuário e a disponibilidade dos recursos a serem utilizados.

Ainda segundo Fitz (2008), as principais funções de um SIG são a aquisição e edição de dados, gerenciamento do banco de dados, análise geográfica desses dados e a representação dos mesmos.

A utilização do geoprocessamento para o mapeamento da fragilidade ambiental é uma opção bastante viável, tendo um menor custo, mesmo atendendo a grandes áreas, sendo realizados em um menor tempo.

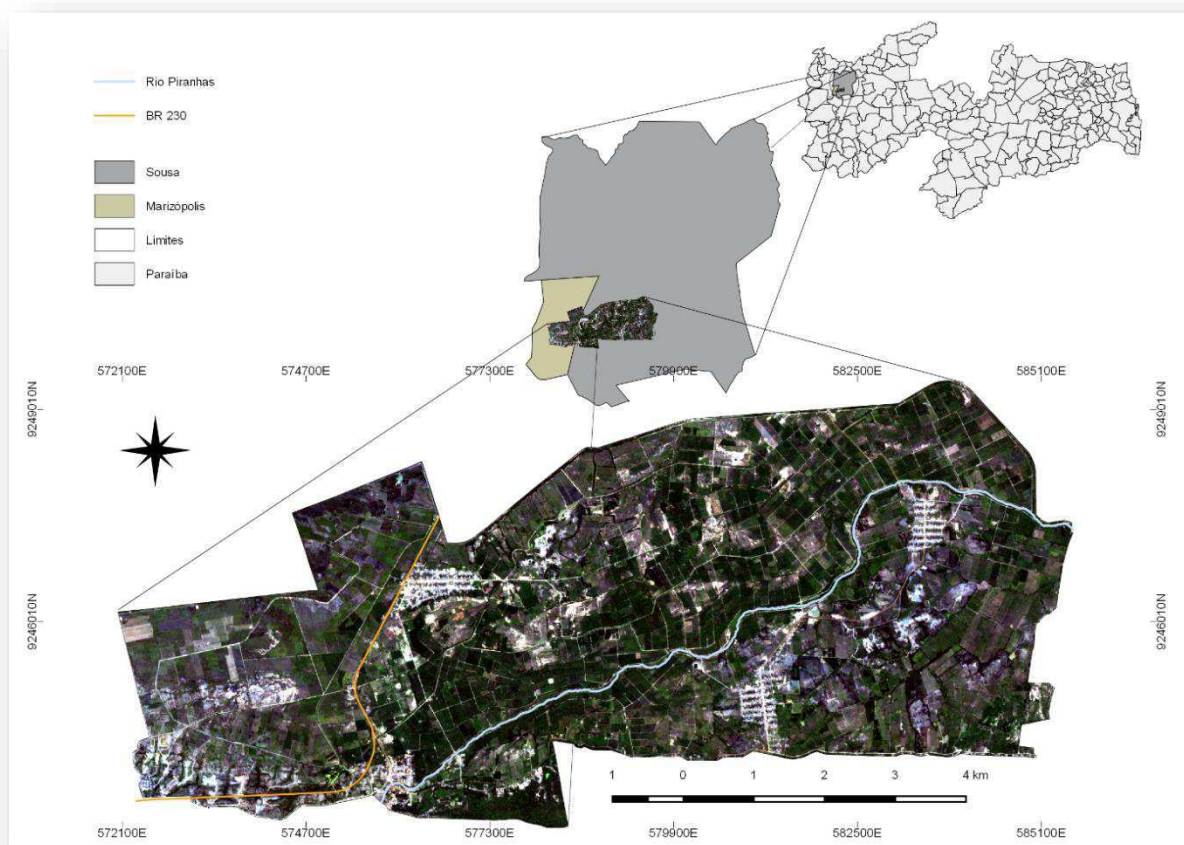
Segundo Kawakubo *et al.*(2005), esse mapeamento permite avaliar e integralizar as características naturais com as suas restrições.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

O Mapa 1 mostra o Perímetro Irrigado de São Gonçalo, situado no município de Sousa, Estado da Paraíba, as margens da BR 230 distante 440 km da capital, João Pessoa.

Mapa 1 – Localização do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa – PB.



Fonte: Inclui material ©RapidEye AG 2014. Todos os direitos reservados.
Organização: Autor.

Segundo Gomes (2002), o perímetro irrigado de São Gonçalo entrou em operação em 1973, tendo o projeto original iniciado com 4.100 ha e posteriormente ampliado para 5.548 há, com cerca de 550 lotes e 481 irrigantes.

Para a caracterização da área de estudo foram realizadas visitas a campo, uso de imagens de satélite e posterior processamento dessas imagens através dos

softwares *Google Earth Pro (2016)*, *QGIS 2.14* e *SPRING (5.2)*, além de consultas bibliográficas, entrevistas feitas a alguns produtores e a funcionários do DNOCS.

3.2 Modelagem e criação do banco de dados

Segundo Ross (1999), os dados trabalhados nos SIGs têm características específicas, constituídos por um elemento gráfico, que localiza cada elemento espacialmente e os componentes alfanumérico que descrevem esses elementos.

Para início da criação do banco de dados, foi necessário isolar os aspectos que não seriam usados na pesquisa afim de reduzir o tempo e os problemas que poderiam ocorrer.

A modelagem dos dados passou pelos seguintes processos, baseados na metodologia proposta por Ross (1999):

- Temas;
- Sistema de Projeção Cartográfica;
- Escala e Precisão;
- Atributos;
- Formas de Armazenamento;
- Entrada de Dados Gráficos;
- Topologia;

3.2.1 Temas

A base de dados foi organizada por temas que contêm todas as características gráficas e que descrevem os tipos de informações utilizadas. Para tanto foram usados os temas solo, vegetação, declividade, clima, divisão dos lotes, estradas, rodovias, polígonos e linhas, representados por uma ou mais feições.

3.2.2 Sistema de Projeção Cartográfica

A armazenagem dos dados cartográficos dos SIGs devem ser definidos em um sistema de projeção para que se possa fazer junções de mapas adjacentes sobrepondo-os (ROSS, 1999).

O sistema de projeção utilizada em todo o projeto foi o WGS 84/ UTM zone 24S, onde foram feitas as mudanças necessárias para a reprojeção das coordenadas geográficas para coordenadas planas.

3.2.3 Escala e Precisão

A escala usada no projeto foi baseada na carta topográfica existente no DNOCS – PB, na escala de 1:20.000, esta escala é adequada para as práticas usadas na pesquisa, onde os detalhes são mais precisos, melhorando assim a visualização e minimizando os erros, como por exemplo os cálculos de áreas.

3.2.4 Atributos

Os atributos são essenciais para modelagem cartográfica da base de dados, sendo definidos para cada tipo de tema. Os principais atributos criados para o projeto foram as divisões dos setores de lotes presentes no PISG, a distribuição pluviométrica da região e as características dos solos.

Para Ross (1999), é imprescindível selecionar os atributos de acordo com os usos previstos no projeto, assim evitando perdas desnecessárias de tempo e recursos para criação de atributos.

3.2.5 Formas de Armazenamento

As formas de armazenamento em formato digital são basicamente divididas em modelo vetorial e modelo matricial ou raster. No modelo vetorial existem três tipos de geometrias usadas para representação em um plano cartesiano (x, y) nos mapas, são os vetores do tipo ponto, polígono e linha.

Para a identificação das estradas de acesso aos lotes e setores do PISG foi utilizado o modelo vetorial do tipo linha, na identificação da área total foi utilizada o tipo polígono, como também para a localização de cada setor dos lotes.

O modelo do tipo raster armazena todas as suas informações dentro de uma malha ou grid formada por um determinado número de colunas e linhas, sendo que cada célula define uma porção da imagem, denominada de pixel (“picture x element”), com níveis de cinza e preto (QUINTANILHA, 1995). O modelo raster foi usado para o trabalho com a imagem digital da carta topográfica do PISG.

3.2.6 Entrada de Dados Gráficos

A entrada de dados no formato digital pode ser feita de várias formas, como por exemplo por meio de aerolevanteamento, levantamento topográfico por meio de teodolitos ou de GPS, como também a digitalização de cartas já existentes em formato analógico (ROSS, 1999). Também podem ser utilizados a entrada do tipo vetorização/rasterização dos dados.

Foram utilizados scanner para o formato analógico da carta topográfica do PISG ser convertido em formato digital no processo chamado rasterização, e posterior vetorização manual dessa imagem. Também o uso do GPS *GARMIN* para obtenção dos dados em campo.

3.2.7 Topologia

Segundo Ross (1999), a topologia é o ponto de partida para os SIGs, sendo essencial as diversas relações espaciais existentes entre os elementos gráficos, por exemplo a conectividade de caminhos e polígonos que compartilham um mesmo arco ou área, sendo assim possível adicionar atributos distintos para cada feição.

Na pesquisa a edição topológica foi usada para a identificação das estradas de acesso, divisão dos setores dos lotes e hidrologia local.

3.3 Procedimentos técnico-operacionais para criação do mapa de fragilidade ambiental

Com base na metodologia proposta por Ross (1992, 1994, 2001), a análise da fragilidade ambiental necessita de estudos básicos do solo, vegetação, relevo, uso da terra e clima, sendo realizados com levantamentos de campo e consultas bibliográficas.

A metodologia de Ross (1994), atribui um índice de fragilidade, este índice varia de 1 a 5 para cada estudo realizado, assim o índice 1 caracteriza maior resistência e o índice 5 o de menor resistência. Para cada componente do meio físico analisado, relevo, solos, cobertura vegetal e uso do solo e também o estudo da pluviometria da região, são atribuídos índices variando de 1 a 5 (ROSS, 1994).

Com a definição dos índices de fragilidade para cada componente físico, o próximo passo é combinar as informações adquiridas, ou seja, associar cada índice. Essa associação irá resultar no índice de fragilidade emergente ou fragilidade potencial do ambiente (SPÖRL e ROSS, 2004).

O primeiro algarismo a ser relacionado deve ser o de declividade, em seguida o de solo, cobertura vegetal/uso da terra e o último o da pluviosidade. A hierarquização desses dados irá sobrepor e classificar os diferentes graus de fragilidade ambiental da região, assim uma classificação (1111) é dada ao ambiente com fragilidade muito baixa, já a classificação (5555) é característica de uma região com todas suas variáveis fragilizadas de modo muito forte.

3.3.1 Mapa de Solos

Para caracterização dos tipos de solo presentes no PISG foram utilizados os dados disponibilizados por Neto (2013), com análises de solo em pontos aleatórios e também consultas de levantamentos realizados em anos anteriores na região.

Os solos presentes no perímetro irrigado são aluvionais, profundos, de textura média a argilosa. Apresentam também, os vertissolos, com textura argilosa, medianamente profundos e os podzólicos, com textura que vai de arenosa a argilosa, e fertilidade natural variando de boa a média (DNOCS, 2012).

A confecção do mapa de solos teve como fonte os estudos da EMBRAPA, análises de solo do local e, foi necessário realizar alguns ajustes para adequar as escalas do mapa disponibilizado por Neto (2013), por meio de imagens de satélite georreferenciadas no sistema de coordenadas geográficas e posteriormente reprojetadas para o sistema de coordenadas usada na pesquisa.

Segundo Ross (1994), as variáveis espaciais para os mapas de fragilidade são classificadas em cinco categorias hierárquicas de acordo com os graus de fragilidade, assim para o mapa de solos da região do PISG, as variáveis foram classificadas da seguinte forma, Grau de Fragilidade ambiental variando de 1 até 5, onde 1 é a variável considerada Muito Fraca e 5 considerada a Muito Forte, e as classes que são baseadas nos tipos de solos e suas características físicas, assim estabelecidas por Ross (1994):

Tabela 1: Classificação da fragilidade pelo tema solos.

Grau	Tipos de Solos
1	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e vermelho amarelo Textura argilosa.
2	Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo textura média/argilosa.
3	Latossolo Vermelho amarelo, Terra Roxa (Neossolos Flúvicos) *, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/argilosa (Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico) *.
4	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/arenosa, Cambissolos e Planossolos Nátricos* .
5	Podzollizados com cascalho, Líticos (Neossolos Litólicos) *, Areias Quartzosas e Vertissolos*

*Solos encontrados no PISG, com classificação da (EMBRAPA, 1999).
Fonte: Adaptado de Ross (1994).

3.3.2 Mapa de Uso e Ocupação do Solo/Cobertura Vegetal

Para a confecção do mapa de solo/cobertura vegetal foi realizado a interpretação de imagens de satélite e trabalhos realizados em campo, além de consultas bibliográficas. Foram usadas imagens do satélite RapidEye. Para definição do grau de proteção do terreno foi utilizada a seguinte classificação:

Tabela 2: Graus de Proteção do Solo pela cobertura Vegetal

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura
1 - Muito alta	Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
2 – Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, Cerrado Denso, Capoeira.
3- Média	Cerrado denso, Capoeira densa). Mata homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
4 -Baixa	Culturas de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
5 - Muito Baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeado, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

3.3.3 Mapa de Declividade

O mapa de declividade foi construído a partir de imagens do satélite RapidEye. Utilizando os dados de capacidade de uso e aptidão agrícola, desde os níveis mais planos menores que 6% até os mais altos aclives maiores que 30%. Representados na tabela 3, a seguir:

Tabela 3: Índices de Declividade Aplicadas as Classes de Fragilidade Ambiental.

Classes de Declividade	Grau de Declividade
1 – Muito Fraco	Até 6%
2 – Fraco	6% a 12%
3 - Médio	12% a 20%
4 – Forte	20% a 30%
5 – Muito Forte	Acima de 30%

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

3.3.4 Mapa de Pluviosidade

A precipitação média anual registrada na região do perímetro irrigado gira em torno de 894 mm, com o período chuvoso se estendendo de janeiro a maio. A temperatura média anual é de 27°C, com uma mínima de 22° C e uma máxima de 38°

C. A evaporação média anual é de 3.056,6 mm. O clima da região é do tipo Bsh da classificação de Köppen, semiárido quente (DNOCS, 2012).

O mapa de pluviosidade é essencial para a geração do mapa de fragilidade ambiental, já que a chuva é um grande agravador dos processos erosivos que apresentam na área de estudo. Foram utilizados os dados pluviométricos obtidos pelo site do INMET e pela AESA, os dados obtidos do INMET estão representados em gráficos a seguir, as figuras de 1 a 5 com os índices pluviométricos dos anos de 2011 até 2015.

A tabela 4 mostra a classificação proposta por Ross (2000) e Spörl (2001), de acordo com os índices hierárquicos para os dados pluviométricos médios.

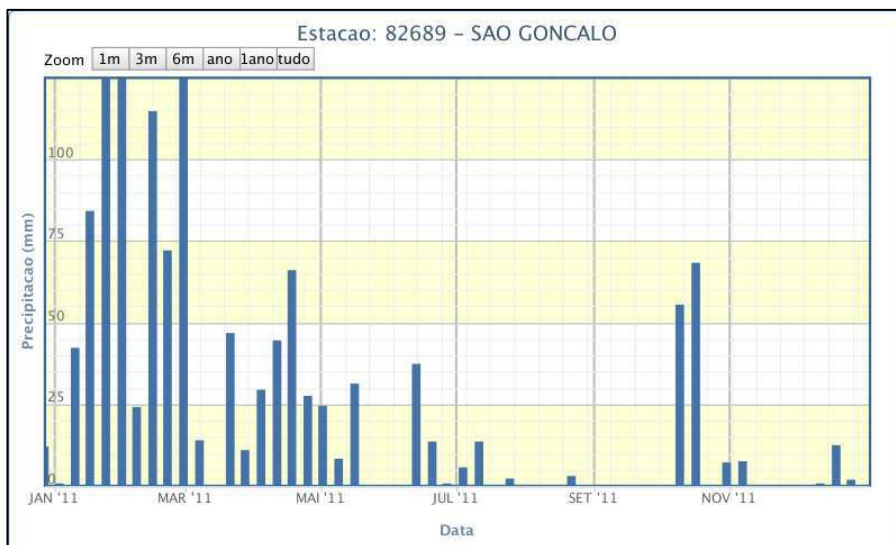
Tabela 4: Níveis Hierárquicos das chuvas

Níveis Hierárquicos	Características Pluviométricas
1 – Muito Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ano
2 – Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano.
3 – Média	Situação pluviométricas com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março
4 - Alta	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril quando ocorrem de 70% a 80% do total das chuvas
5 – Muito Alta	*Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).

*Situação pluviométrica do PISG.

Fonte: Adaptado de Spörl e Ross (2001).

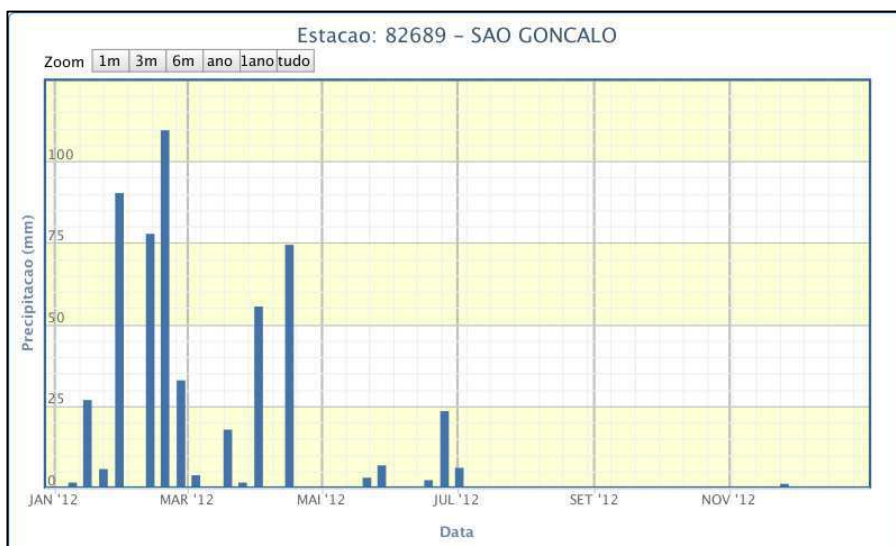
Figura 1: Dados Pluviométricos do Ano 2011.



Fonte: INMET (2016).

A Figura 1 mostra os índices pluviométricos do ano de 2011, esse ano teve uma média de aproximadamente 845 mm/ano, tendo uma concentração de chuvas bastante alta entre os meses de janeiro a março, com cerca de 48 dias de chuvas, sendo algumas com elevado índice pluviométrico maior que 100 mm/dia.

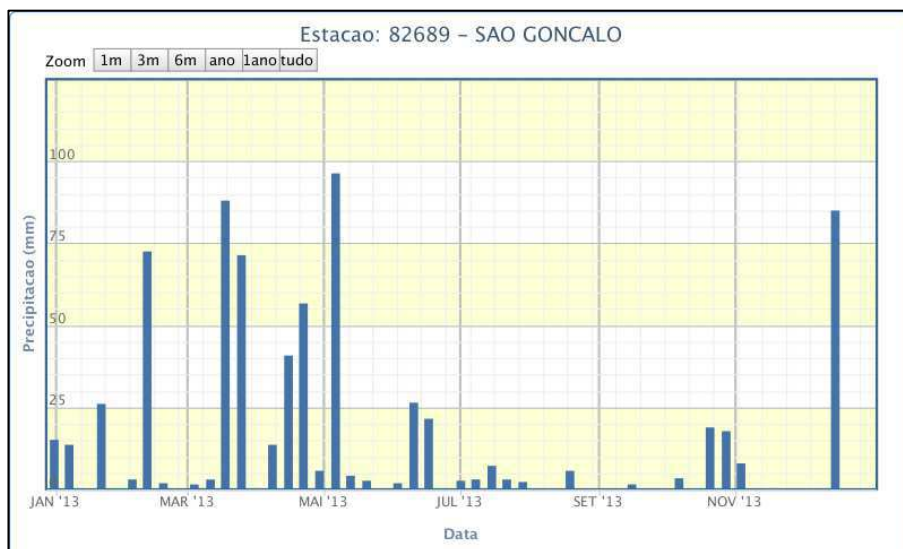
Figura 2: Dados Pluviométricos do Ano 2012



Fonte: INMEP (2016).

A figura 2 identifica a distribuição das chuvas do ano de 2012, o presente ano foi o que apresentou a menor média anual, com cerca de 544,3 mm/ano, distribuídas entre os meses de janeiro a julho, sendo os meses de janeiro a março os que apresentaram maior índice pluviométrico.

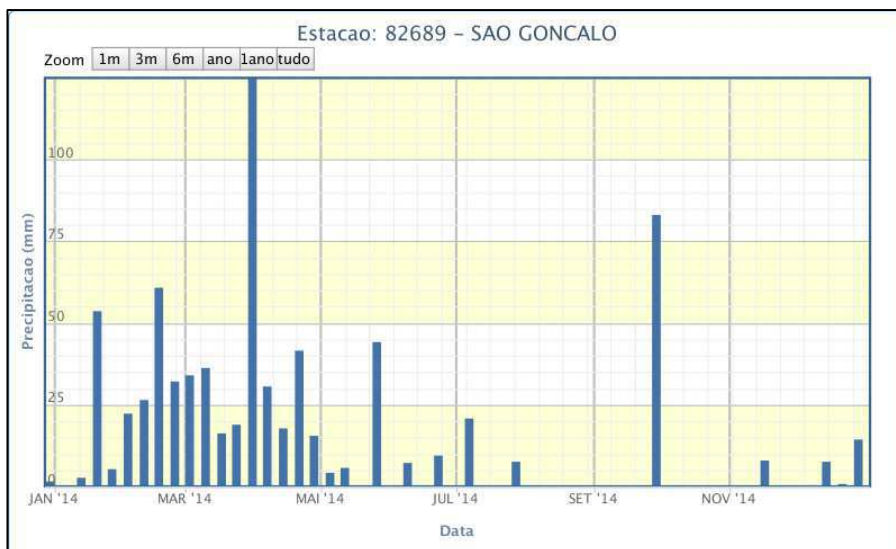
Figura 3: Dados Pluviométricos do Ano 2013



Fonte: INMEP (2016).

No ano de 2013, representado pelo gráfico da figura 3, houve uma pequena melhora em relação ao ano anterior com uma média anual de aproximadamente 731 mm/ano, mas diferentemente dos anos anteriores a concentração das chuvas foram entre os meses de março a junho, com algumas chuvas se estendendo até o mês de julho.

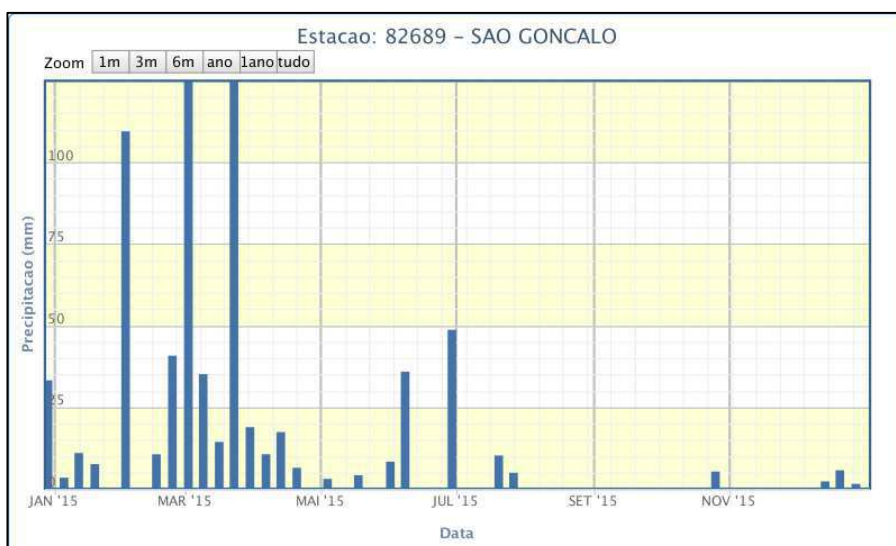
Figura 4: Dados Pluviométricos do Ano 2014



Fonte: INMEP (2016).

A figura 4 mostra os dados pluviométricos para o ano de 2014, as chuvas se concentraram entre os meses de janeiro a maio de forma mais regular do que nos outros anos e com média anual de aproximadamente 821 mm/ano.

Figura 5: Dados Pluviométricos do Ano 2015



Fonte: INMEP (2016).

No ano de 2015 representado pela figura 5, a média anual foi de 782 mm/ano com concentração das chuvas entre os meses de janeiro a março, com alguns episódios de chuvas intensas nos meses de março.

Apesar do índice pluviométrico anual ser considerado baixo em relação a outras regiões que possuem média anual de cerca de 1500 mm/ano, o PISG assim como a maior parte do semiárido paraibano, apresenta um índice pluviométrico elevado, se for considerado os meses de chuva que acometem a região, em geral entre os meses de janeiro a maio. Essas chuvas são em muitas das vezes de alta intensidade, assim grande quantidade de solos são perdidos pelo processo de erosão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Mapa de Declividade

O mapa de declividade foi elaborado a partir das curvas de nível na escala de 1:20.000 com equidistância de 5m das curvas de nível com base nas cartas topográficas do DNOCS e da AESA. Foi usado o software QGIS 2.14 para as correções adequadas e geração do mapa de declividade, usando como base o mapa hipsométrico (Mapa 2). Em seguida, foi elaborado o mapa temático de declividade com o uso dos modelos preconizados por Ross (1994), sendo apresentado como (Mapa 3).

A declividade do PISG apresentou pequena variação entre os níveis de fragilidade muito baixa (1) e baixa (2), ou seja, menor ou igual a 12%. Também apareceu com certa representatividade a classe de fragilidade média (3), restando as classes de fragilidade ambiental alta (4) e muito alta (5) presentes em poucas áreas da região.

A declividade é o fator principal da fragilidade ambiental, segundo Ross (1994), por ser um agravante do escoamento superficial e conseqüente erosão dos solos. Na área de estudo a declividade não se apresenta como principal fator agravante da fragilidade ambiental da região. Segundo Neto (2013), cerca de 52% do PISG apresenta concentrações elevadas de sais, sendo essa uma das causas da perda de fertilidade na região e abandono de muitos lotes.

Esses lotes abandonados tendem a aumentar ainda mais seu nível de fragilidade devido principalmente a falta de drenagem e o uso para criação animal (figura 6). Como pode ser visto na (figura 7), a maioria dos drenos da região estão soterrados ou cobertos por vegetação, impossibilitando assim uma drenagem adequada dos solos.

Figura 6: Criação de bovinos no PISG.



Fonte: Acervo do Autor, 13/01/2016, PISG.

A figura 6 exibe um lote situado no PISG usado para criação de gado, aumentando assim a compactação do solo e conseqüentemente perda da fertilidade do solo devido ao pisoteio animal. Com a perda de fertilidade dos lotes, vários lotes são usados apenas para criação bovina, o solo fica cada vez mais exposto nessas regiões, intensificando os processos erosivos.

Figura 7: Dreno do PISG.

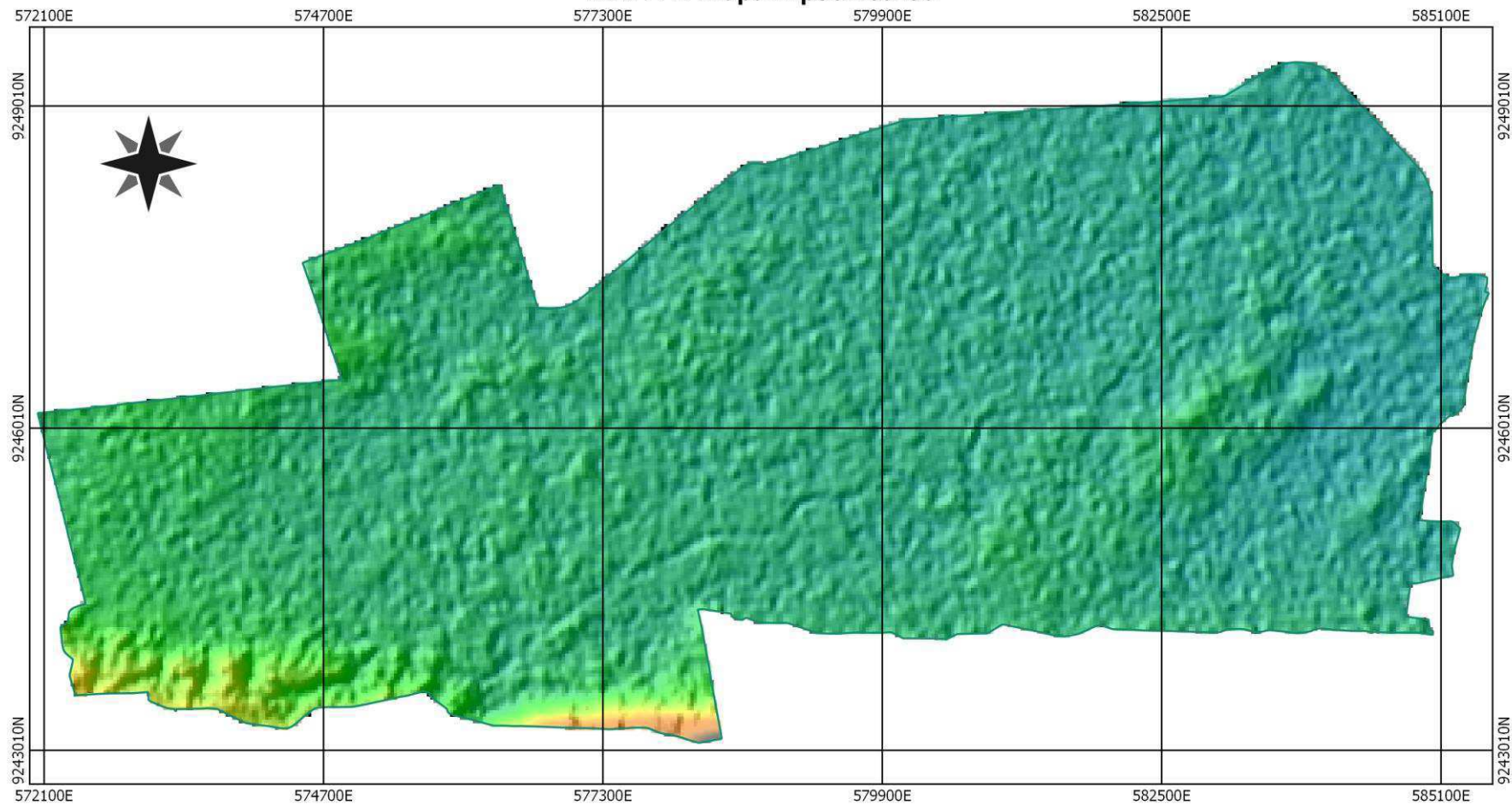


Fonte: Acervo do Autor, 13/01/2016, PISG.

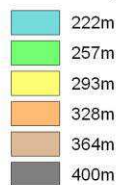
A figura 7 identifica um dreno no PISG soterrado pelo processo da erosão acelerada, onde grande parte do solo desse lote é carregado para dentro do dreno, impossibilitando assim uma drenagem adequada do mesmo. Essa má drenagem está presente na grande maioria do perímetro irrigado de São Gonçalo.

A erosão dos solos na região acontece de forma mais intensa em alguns lotes do PISG que estão situados em áreas com relevo irregular, para identificar essas áreas foram confeccionados os mapas hipsométrico e de declividade da região, que são mostrados a seguir como (MAPA 2) e (MAPA 3) respectivamente.

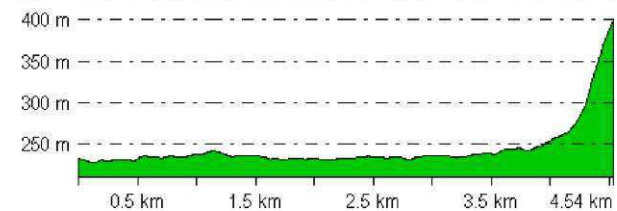
MAPA 2: Mapa Hipsométrico



Classes Hipsométricas

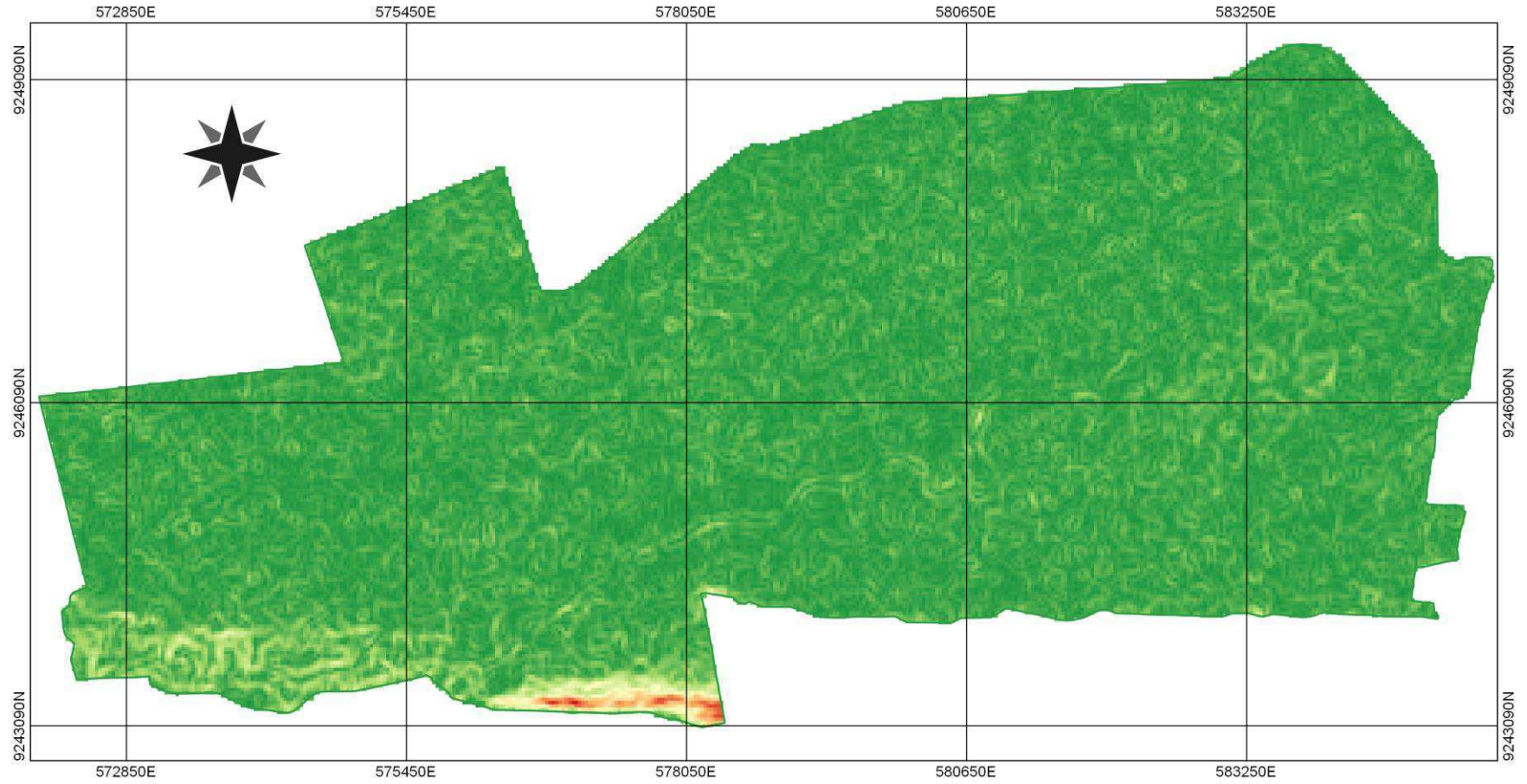


From Pos: 6° 48' 23.2028" S, 38° 17' 30.1438" W

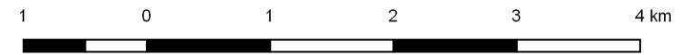


Fonte:
 Inclui material © RapidEye AG 2014. Todos os direitos reservados.
 EPSG: WGS 84/UTM zone 24S
 Ataias Sarmento Sá
 Maio de 2016

MAPA 3: Mapa de Declividade



- Classes de Fragilidade
- Muito Fraco - <6%
 - Fraco 6 a 12%
 - Médio 12 a 20%
 - Forte 20 a 30%
 - Muito Forte - >30%



Fonte:
Inclui material © RapidEye AG 2014. Todos os direitos reservados.
EPSG: WGS 84/UTM zone 24S
Ataias Sarmento Sá
Maio de 2016

4.2 Pedologia

O mapa de solos (mapa 4) usado na pesquisa foi confeccionado por Neto (2013), elaborado através de trabalhos de campo e consultas a base cartográfica da AESA, considerando a classificação da Embrapa (1999), os solos identificados no PISG são de cinco tipos diferentes: o Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico, Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Vertissolo e Planossolo Nátrico (NETO, 2013). A tabela 6 apresenta a área que ocupa cada tipo de solo no PISG.

Tabela 5: Solos encontrados no PISG

Classes de solos	Área (km²)	Porcentagem (%)
Neossolo Flúvico	39,84	72,16
Neossolo Litólico	1,03	1,87
Planossolo Nátrico	0,33	0,61
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	6,32	11,44
Vertissolo	7,69	13,92

Fonte: Adaptado de Neto (2013).

Os solos da classe Neossolo Flúvico foram os que apareceram em maior quantidade no PISG, sendo cerca de 72,16% da área total do Perímetro Irrigado. Esse tipo de solo, segundo a EMBRAPA (2011), necessitam de uma boa drenagem, principalmente para a produção agrícola e também a correção de acidez e adubação, a adubação é indicada porque esses solos apresentam heterogeneidade em suas características químicas e físicas, podendo variar sua fertilidade de muito boa até fraca. Na classificação de Ross (1994) está inserido na classe de Fragilidade Média (3).

Aproximadamente 1,87% do PISG está enquadrado na classe Neossolo Litólico. Considerado como solos pouco profundos com profundidade não ultrapassando os 55 cm, sendo bastante susceptíveis a erosão, principalmente nas áreas que são encontrados, áreas de maior declive (EMBRAPA, 2011).

Dentro da classificação de Ross (1994), os solos da classe Neossolo Litólico são considerados de fragilidade muito forte (5) devido a sua pouca profundidade e pouca proteção vegetal, já que o crescimento vegetal é comprometido por serem rasos e de baixa fertilidade. Todos esses fatores e a ação antrópica contribuem para maior erodibilidade destes solos.

Os solos da classe Planossolo Nátrico possuem alta saturação por sódio, gradiente textural elevado e baixa permeabilidade, sendo bastante susceptível a erosão (EMBRAPA, 2011). No PISG esse tipo de solo constitui apenas 0,61% do percentual total de área do Perímetro Irrigado, na classificação de Ross (1994) é considerado de alta fragilidade (4) devido a sua fácil carreação do horizonte superficial pelo processo de erosão.

Os Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico compõe 11,44% da área do PISG, esse tipo de solo apresenta moderada ou alta fertilidade, se encontra em áreas com relevo mais ondulado do perímetro irrigado. São vulnerável a processos erosivos por ser um tipo de solo com alto gradiente textural, sendo desta maneira necessário a adoção de práticas agrícolas para diminuir o problema (SILVA NETO, 2013). Segundo a classificação metodológica de Ross (1994), se encontra na faixa intermediária de fragilidade (3).

Com uma certa representatividade 13,92% estão os vertissolos. Segundo a Embrapa (2011), esses solos possuem baixa permeabilidade, ocorrem em área de baixa declividade e suavemente onduladas, depressões e em áreas de antigas lagoas (EMBRAPA, 2011). Ross (1994) classifica esses solos como de fragilidade muito forte, devido principalmente a sua dificuldade de drenagem e limitação para o crescimento vegetal, apesar de serem solos com elevada fertilidade são também solos difíceis de se utilizar máquinas agrícolas, no período chuvoso é bastante difícil devido a umidade intensa e no período de estiagem há a dificuldade devido ao seu elevado grau de compactação.

Figura 8: Solo com problemas de erosão

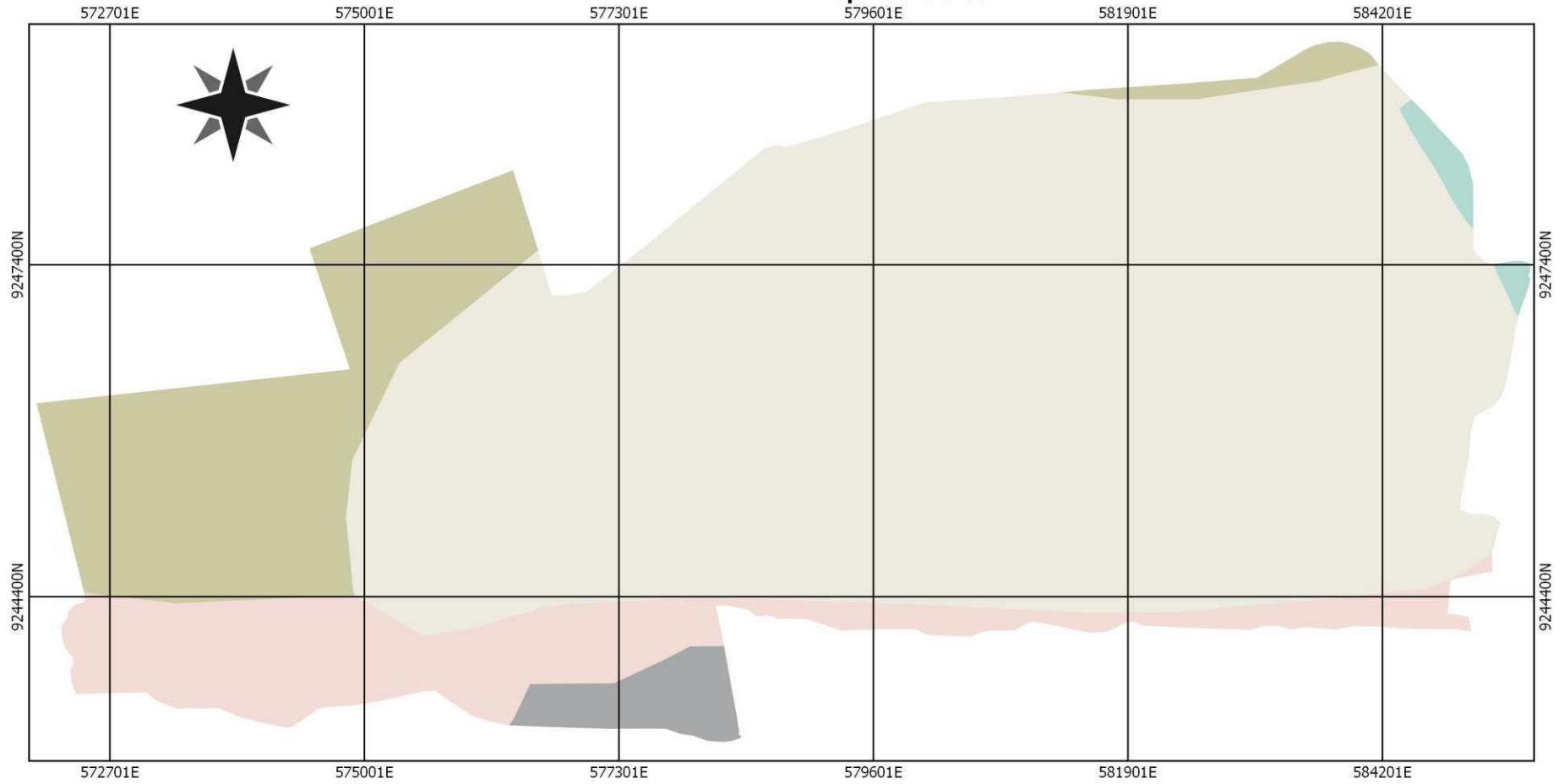


Fonte: Acervo do Autor, 13/01/2016, PISG.





A figura 8 mostra um solo que sofre pelo processo erosivo por sulcos, caracterizado pelas valas que se formam por onde a água passa, se não for controlado esse processo pode se agravar cada vez mais, vários lotes do perímetro encontram-se nesse estado, alguns até em estado mais elevado, já apresentando voçorocas.

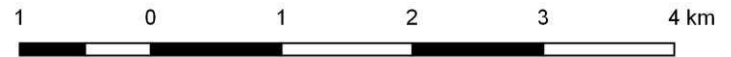
Além das áreas que são utilizadas para a agricultura apresentarem algum tipo de degradação física pelo processo erosivo, as estradas de acesso da região também são afetadas pela erosão, a maioria das estradas são paralelas a rede de drenagem da região e muitas delas não recebem nenhum tipo estruturação, não seguem as curvas de nível o que aumenta ainda mais a erosão na região, assim com as fortes chuvas as estradas de acesso vão perdendo espaço para a drenagem local, já que os solos das estradas são transportados para os drenos, com o tempo essas estradas irão desaparecer ou impossibilitar o acesso aos lotes, caso não seja feita nenhuma intervenção para barrar esse escoamento.

MAPA 4: Mapa de Solos



Classes de Solos

-  Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico
-  Neossolo Flúvico
-  Neossolo Litólico
-  Planossolo Nátrico
-  Vertissolo



Fonte:
SILVA, NETO (2013)
Organização: Autor.
EPSG: WGS 84 / UTM zone 24S
Ataias Sarmento Sá
Maio de 2016

4.3 Comportamento das Chuvas

O mapa de pluviosidade (Mapa 5) local foi realizado a partir dos dados do INMET e da AESA, pelo método das isoietas. Os dados são de quatro postos pluviométricos, sendo dois postos localizados em Sousa, um em Marizópolis e outro posto localizado no PISG. Foi realizado a média anual de cada posto nos períodos de 2011 a 2015, sendo este período considerado abaixo da média histórica da região.

Com base na classificação proposta por Spörl (2001) e Ross (2000), o PISG está inserido numa classe de fragilidade muito forte, devido ao comportamento pluviométrico irregular durante o ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volume anual em torno de 900 mm/ano.

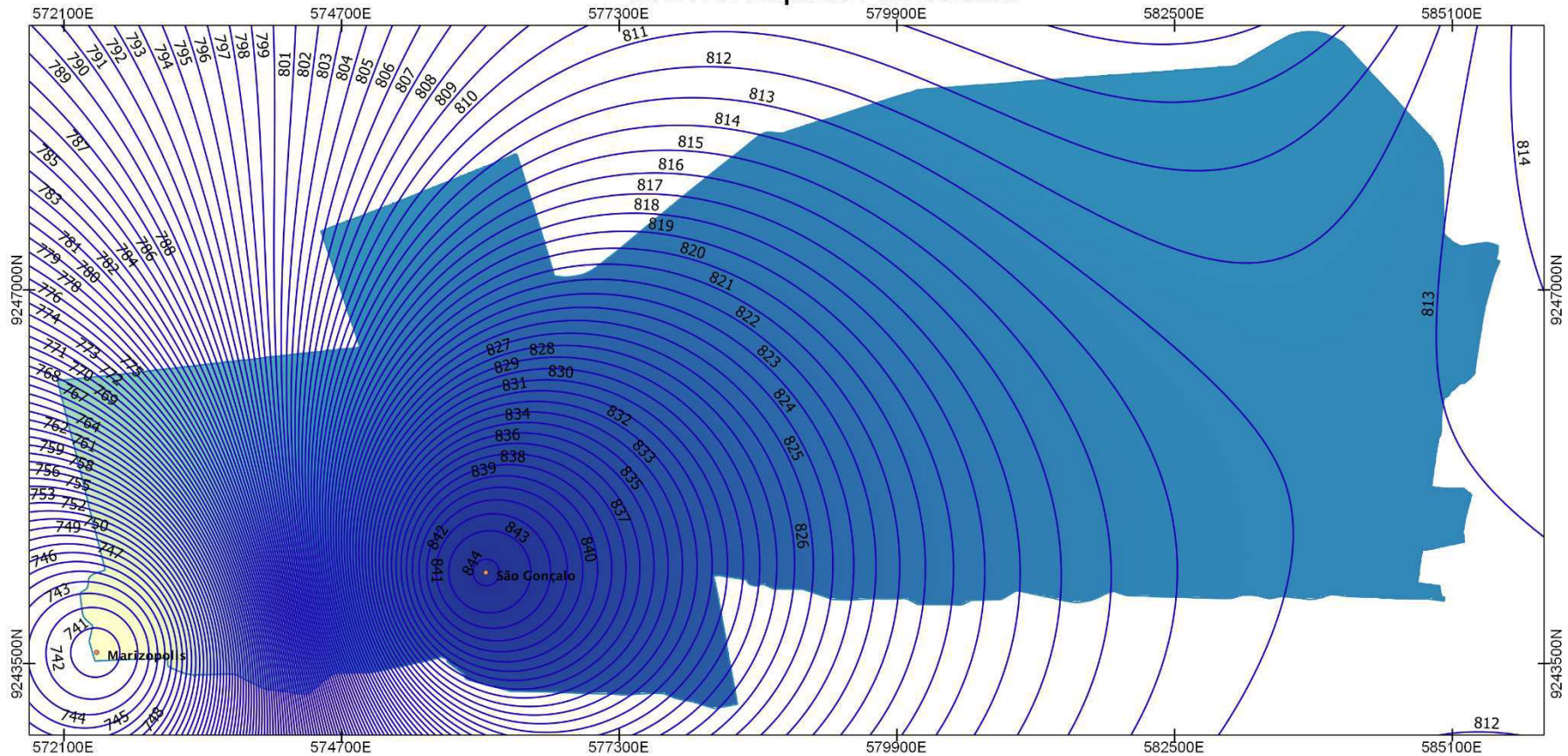
As chuvas intensas são responsáveis por imensas perdas de solo pelo processo de erosão, o solo é carregado para as partes mais baixas, em geral para os drenos e para antigos criatórios de peixes que foram utilizados em vários lotes da região, como mostra a figura (9). A fertilidade desses solos é reduzida, com isso a produção agrícola é diminuída e os solos se tornam cada vez mais expostos a esses processos.

Figura 9: Antigo criatório de Peixes (piscicultura).



Fonte: Acervo do Autor, 13/01/2016, PISG.

MAPA 5: Mapa de Pluviosidade



- Isoietas Precipitações (mm/ano)
- Postos
- PISG
- 740.58 mm
- 775.09 mm
- 809.61 mm
- 844.12 mm



Fonte:
 Dados Pluviométricos do INMET e AESA (2011-2015).
 EPSG: WGS 84 / UTM zone 24S
 Ataias Sarmento Sá
 Maio de 2016

4.4 Mapa da vegetação

O mapa da vegetação (Mapa 9) ou mapa dos graus de proteção ao solo, foi gerado nos programas Qgis (2.14) e SPRING (5.2) com uso de imagens RapidEye com resolução espacial de 5m e imagens do Google Earth Pro 2016.

Para a confecção do mapa de proteção do solo foi necessário consultar mais informações sobre a vegetação local, uso e ocupação do solo. As informações adicionais foram obtidas através de visitas a campo e através dos mapas de índices de vegetação. Para o presente trabalho foi calculado os índices de vegetação por diferença normalizada NDVI (Mapa 6), *Red Edge Normalized Difference Vegetation Index* RENDVI (Mapa 7) e o índice de vegetação melhorado EVI (Mapa 8) com base nas pesquisas realizadas por (Galvão *et al.*, 2015), (Rouse *et al.*, 1973) e (Gitelson *et al.*, 1996), mostrado nas formulas a seguir.

$$NDVI = \frac{(\rho NIR - \rho red)}{(\rho NIR + \rho red)} \quad (1)$$

$$RENDVI = \frac{(\rho NIR - \rho red\ edge)}{(\rho NIR + \rho red\ edge)} \quad (2)$$

$$EVI = G \cdot \frac{(\rho NIR - \rho red)}{(\rho NIR + C1 * \rho red - C2 * \rho blue + L)} \quad (3)$$

Onde, ρ é a correção atmosférica feita nas diversas bandas, ρNIR corresponde a banda 5, ρred representa a banda 3, $\rho blue$ é a banda 2, a banda $\rho red\ edge$ é uma banda única encontrada apenas nas imagens RapidEye na banda 4. Na equação (3) existem as variáveis G (fator de escala) com valor (2.5), L é o fator de correção do substrato e tem valor (1.0), C1 e C2 correspondem aos valores (6.0) e (7.5) respectivamente, sendo esses últimos os coeficientes para compensação dos efeitos de aerossóis.

Após a correção atmosférica e a geração dos mapas dos índices de vegetação foram realizados os procedimentos para a classificação da imagem. Inicialmente é feita uma classificação sem supervisão, ou seja uma classificação automática do software, essa classificação apresenta algumas limitações, em geral há confusões de pixels das diversas áreas do mapa. No mapa dos graus de proteção do solo do PISG

as principais dificuldades desse algoritmo foi a diferenciação das áreas urbanas, estradas, solo exposto, vegetação mais densa e água.

Para minimizar os erros no processo de classificação sem supervisão, foi utilizado uma correção supervisionada no plugin SCP do Qgis (2.14) para diferenciar diversas áreas na região, em seguida foi gerado uma matriz de confusão para comprovar a veracidade das informações.

A matriz confusão com base nos dados de *Accuracy* do Qgis (2.14) gerou um resultado de $K = 0,93$, de acordo com Martinez (2015), é considerado uma margem quase perfeita o valor de K (*Kappa*) entre 0,81 a 0,1.

A tabela 6 mostra o resultado da classificação, com base na classificação dos graus de proteção proposta por Ross (1994).

Tabela 6: Graus de Proteção ao solo

Graus de Proteção	Área (ha)	Porcentagem
1 Muito Alta	156 ha	2,8%
2 Alta	1361 ha	24,4%
3 Média	1891 ha	33,9%
4 Baixa	1606 ha	28,8%
5 Muito Baixa	562 ha	10,1%

Fonte: Autor.

De acordo com as estatísticas da classificação dos graus de proteção do solo, a maior parte do PISG tem um grau de proteção médio, com cerca de 33,9% caracterizado pelas culturas de ciclo longo, pastagem com baixo pisoteio e sub-bosques de vegetação nativa.

Cerca de 2,8% de área é considerada como de muito alta proteção, essas áreas são em geral constituídas por matas mais densas, matas naturais com uma alta biodiversidade e apresentando plantas do clímax.

A classificação muito baixa é identificada pelo baixo índice de vegetação, solo exposto, queimadas, estradas, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas, com uso de arado. No PISG cerca de 10,1% se encontra nesse estado.

Aproximadamente 24,4% está enquadrada na classe de proteção alta, com culturas de ciclo longo, vegetação secundária mais densa, pastagens sem pisoteio animal, uso de práticas conservacionistas para proteção do solo, como por exemplo a cobertura verde.

Outra classificação que ocupa um grande percentual de área no PISG é a classe de proteção baixa, com cerca de 28,8%, são observados nessas áreas culturas com baixa densidade vegetal, com solo exposto entre as ruas e culturas de ciclo curto como o arroz, feijão e milho. A figura 10 mostra quatro lotes no perímetro irrigado de São Gonçalo, em diferentes estágios de proteção, com solo exposto, vegetação morta, pastagens e áreas queimadas.

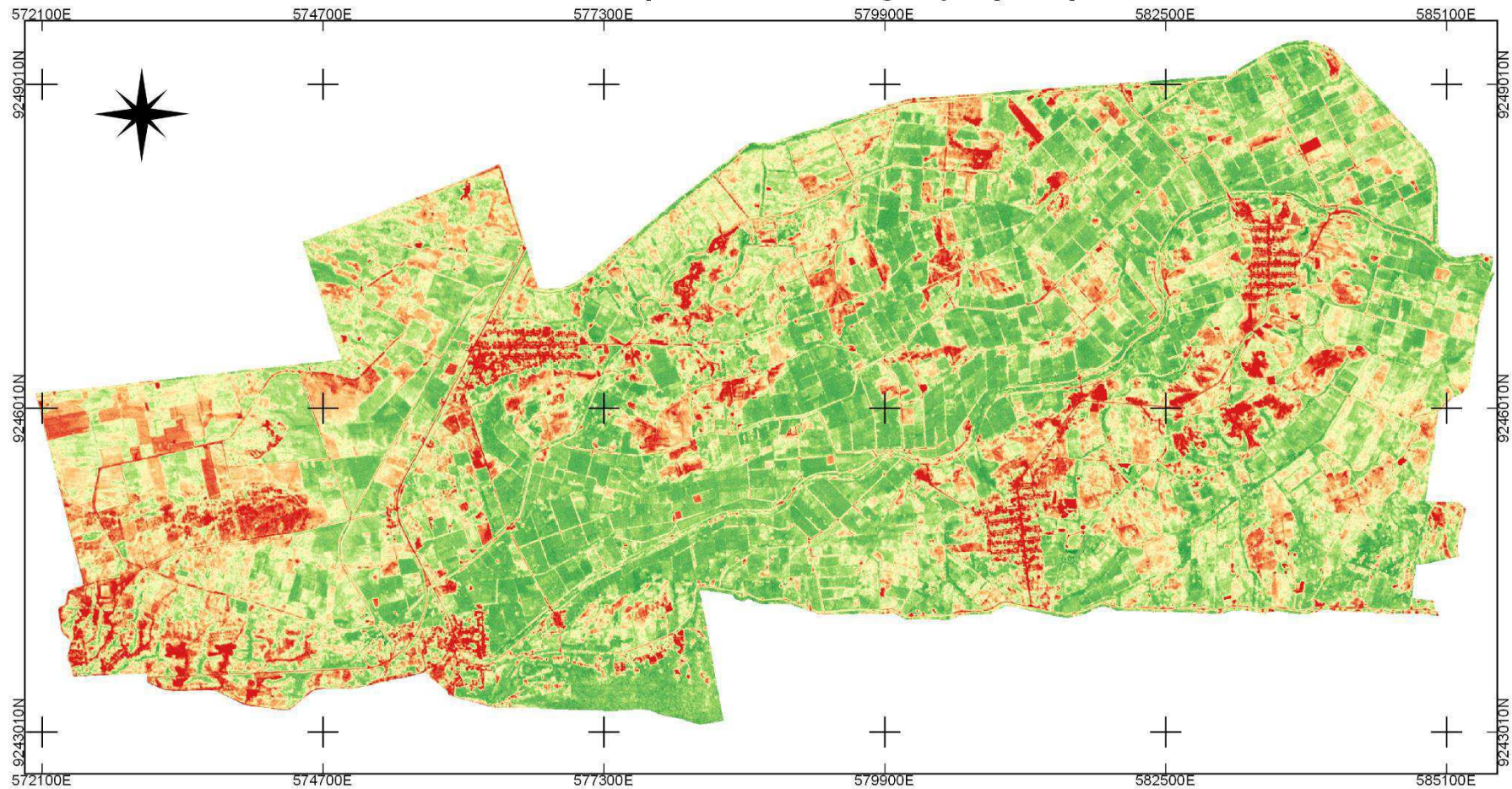
Figura 10: Áreas em diferentes estágios de proteção



Fonte: Acervo do Autor, 13/01/2016, PISG.

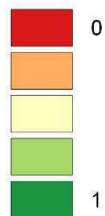
A seguir será apresentado os mapas NDVI, RENDVI e EVI, esses mapas foram usados para a confecção do mapa da vegetação do PISG, por meio da sobreposição dos mapas.

MAPA 6: Mapa do Índice de Vegetação (NDVI)



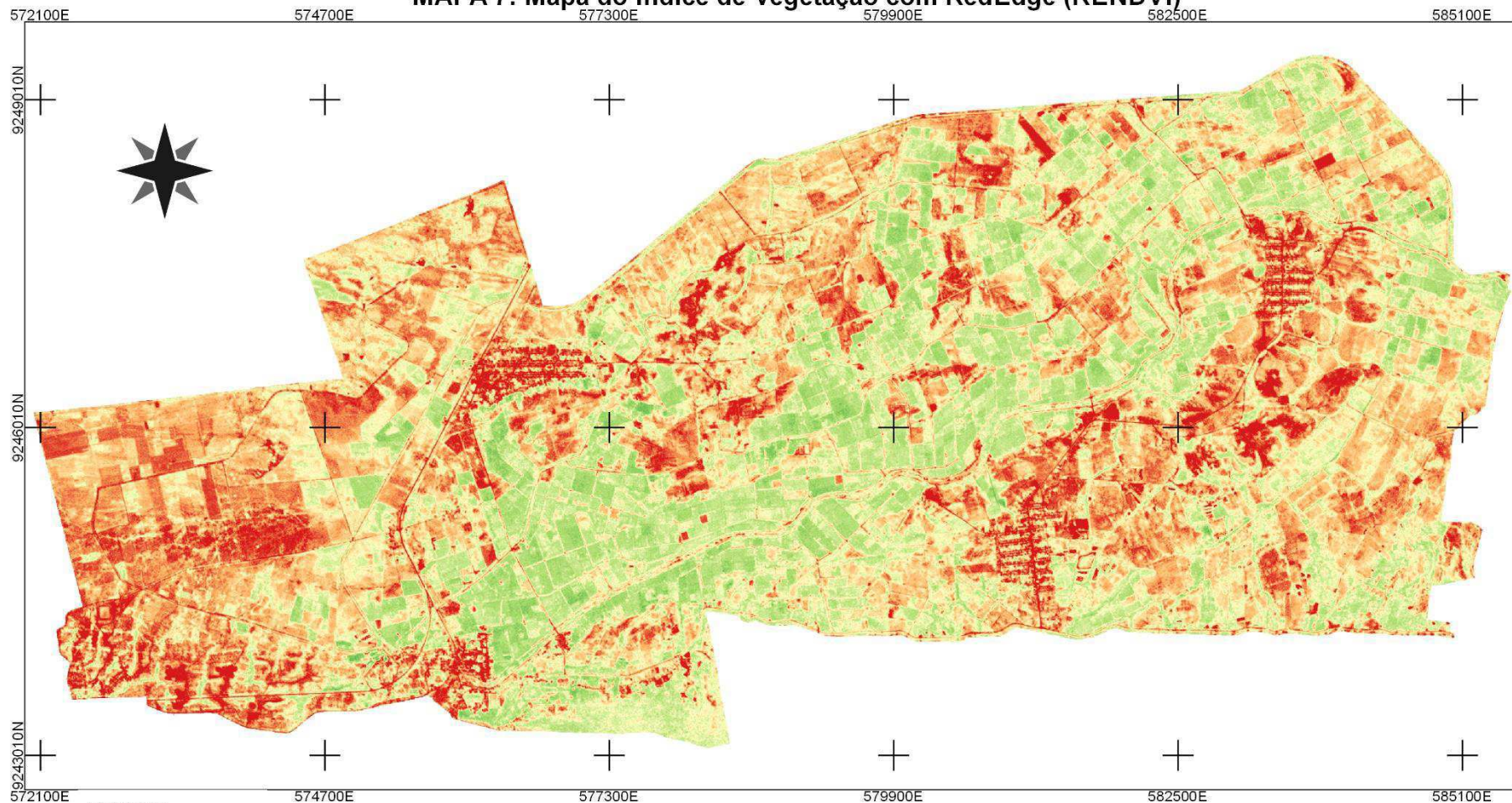
NDVI

Índices de Vegetação



Fonte:
Inclui material © RapidEye AG 2014. Todos os
direitos reservados.
EPSG: WGS 84/UTM zone 24S
Ataías Sarmento Sá
Maio de 2016

MAPA 7: Mapa do Índice de Vegetação com RedEdge (RENDVI)



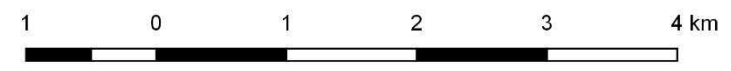
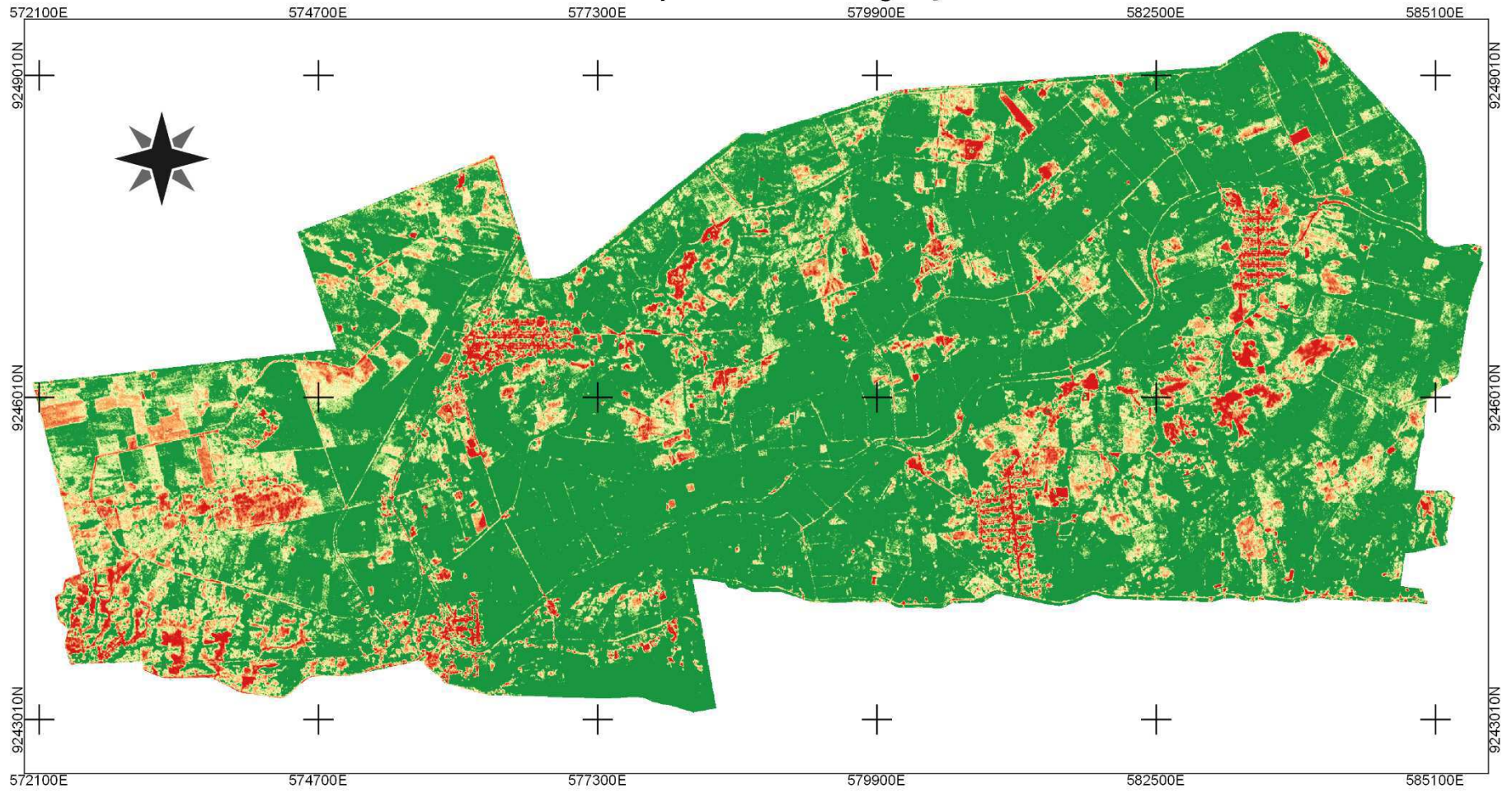
RENDVI

Índices de Vegetação



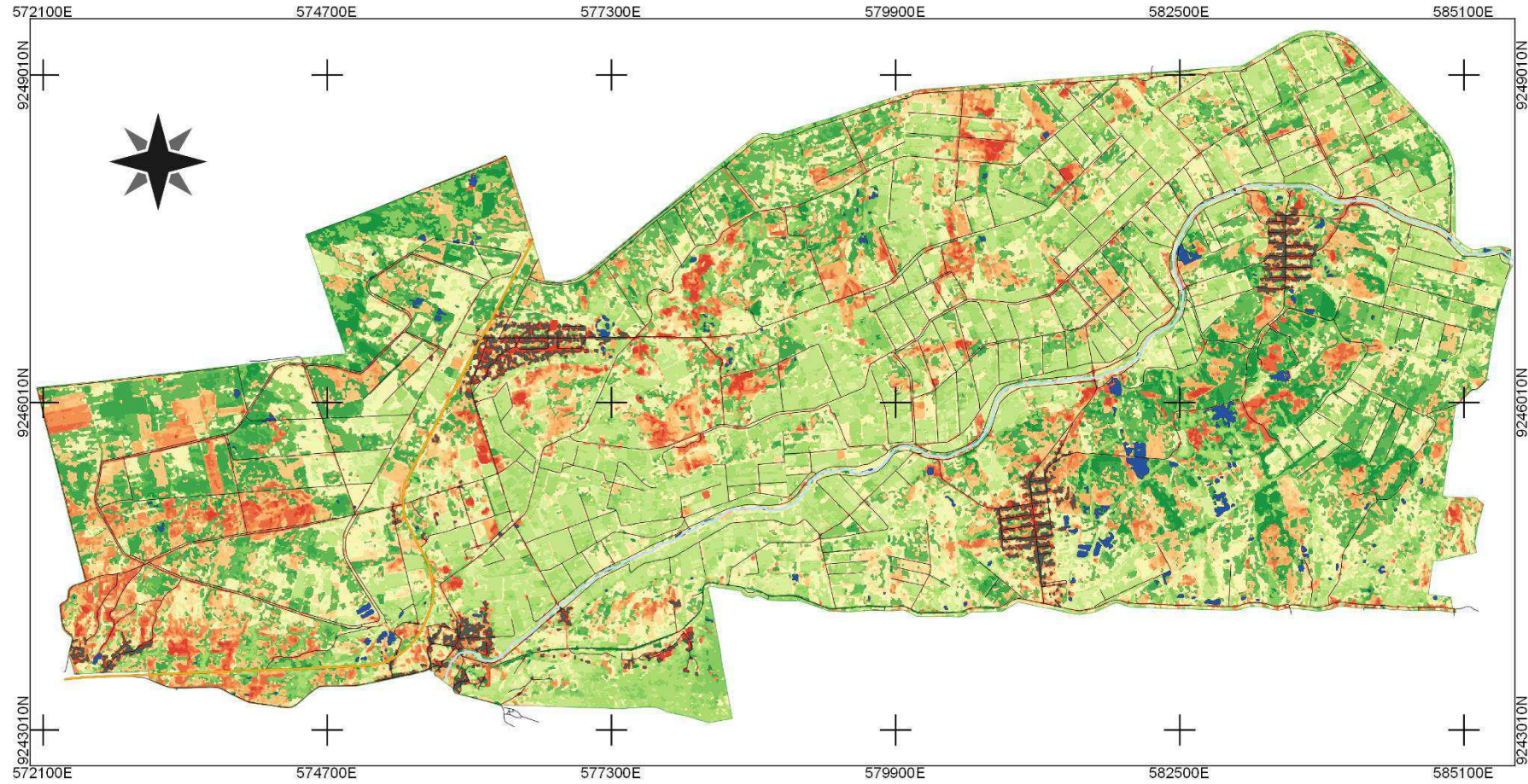
Fonte:
Inclui material © RapidEye AG 2014. Todos os direitos reservados.
EPSG: WGS 84/UTM zone 24S
Ataias Sarmento Sá
Maio de 2016

MAPA 8: Mapa do Índice de Vegetação melhorado

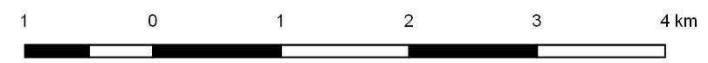


Fonte:
Inclui material © RapidEye AG 2014. Todos os direitos reservados.
EPSG: WGS 84/UTM zone 24S
Ataias Sarmento Sá
Maio de 2016

MAPA 9: Mapa da Vegetação (Graus de Proteção)



- | | |
|--------------------|--------------------------|
| Rio Piranhas | Graus de Proteção |
| BR 230 | Muito Alta |
| PISG | Alta |
| Estradas de Acesso | Média |
| Área Urbana | Baixa |
| Água | Muito Baixa |



Fonte:
 Inclui material © RapidEye AG 2014. Todos os direitos reservados.
 EPSG: WGS 84/UTM zone 24S
 Ataias Sarmento Sá
 Maio de 2016

4.5 Mapa de Fragilidade Ambiental

O mapa de fragilidade ambiental (Mapa 10) é resultante da combinação dos fatores físicos ambientais declividade, solos pluviosidade e vegetação (graus de proteção).

A relação dos elementos foi feita no programa Qgis (14.1). A classificação usa a declividade como algarismo inicial e o mapa de solos serviu como base para delimitação e localização de cada área da região e seus diferentes graus de fragilidade.

A região que apresenta o tipo de solo Neossolo Flúvico com cerca de 72, 16%, tem um grau de declividade em geral fraco, variando de fraco a médio, sendo caracterizado como Fraco (2), grau de fragilidade do solo Média (3), graus de proteção média (3) apresentando culturas de ciclo longo e pastagens com baixo pisoteio animal, pluviosidade (5) caracterizada por chuvas irregulares e com episódios de chuvas intensas. Classificação da fragilidade ambiental (2, 3, 3, 5) Fraca.

Com cerca de 13,92% a classe vertissolos localizada a partir de Marizópolis próximo a BR 230, apresenta grau de declividade variando de baixo até alto, sendo classificada como grau de fragilidade ao relevo média (3), a classe vertissolos apresenta características de alto grau de fragilidade (5), graus de proteção aos diversos usos baixa (4) e fragilidade frente a pluviometria alta (5). Assim, constitui em geral uma área com Média fragilidade ambiental (3, 5, 4, 5) de Estabilidade Emergente.

Os solos Neossolo Litólico e Planossolo Nátrico, com 1,87% e 0,61% de área respectivamente, sendo que o neossolo litólico está presente na área de maior declividade do PISG, caracterizado como de forte declividade (4), é um solo bastante susceptível aos processos erosivos classificado como (5) Muito Forte, graus de proteção (4) alta, com pouca vegetação e solo exposto e fragilidade a chuva (5), constituindo uma classe de forte fragilidade ambiental (4, 5, 2, 5) de Instabilidade Potencial.

A área que apresenta os solos da classe Planossolo Nátrico representa uma classe de fragilidade ambiental Muito Baixa (1, 4, 3, 5) de Instabilidade Potencial, baixa declividade, solo com baixa fertilidade e alto grau de compactação ou horizontes muito heterogêneos, vegetação secundária, com baixo pisoteio animal e índice pluviométrico característico de áreas do semiárido, com chuvas irregulares e intensas.

A classe de solos Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico com 11,44% da área total do PISG está classificada como área de fragilidade ambiental Média (3, 3, 3, 5) de Instabilidade Potencial, com uma declividade variando de muito fraco até forte, solos que apresentam características físicas e químicas intermediárias dependendo do grau de declividade, possui pouca vegetação nativa, pastagens com pouco pisoteio e algumas áreas com solo exposto ou vegetação rala e também apresenta fragilidade muito alta à chuva.

A seguir, na Tabela 7 será mostrado os dados das classes de fragilidade ambiental dos temas, relevo, tipo de solo, graus de proteção e características pluviométricas.

As unidades Ecodinâmicas Estáveis são aquelas que apresentam graus de proteção variando de alta até média. O PISG está inserido na classe de Unidades Ecodinâmicas Estáveis com alguns pontos considerados de unidades ecodinâmicas Instáveis.

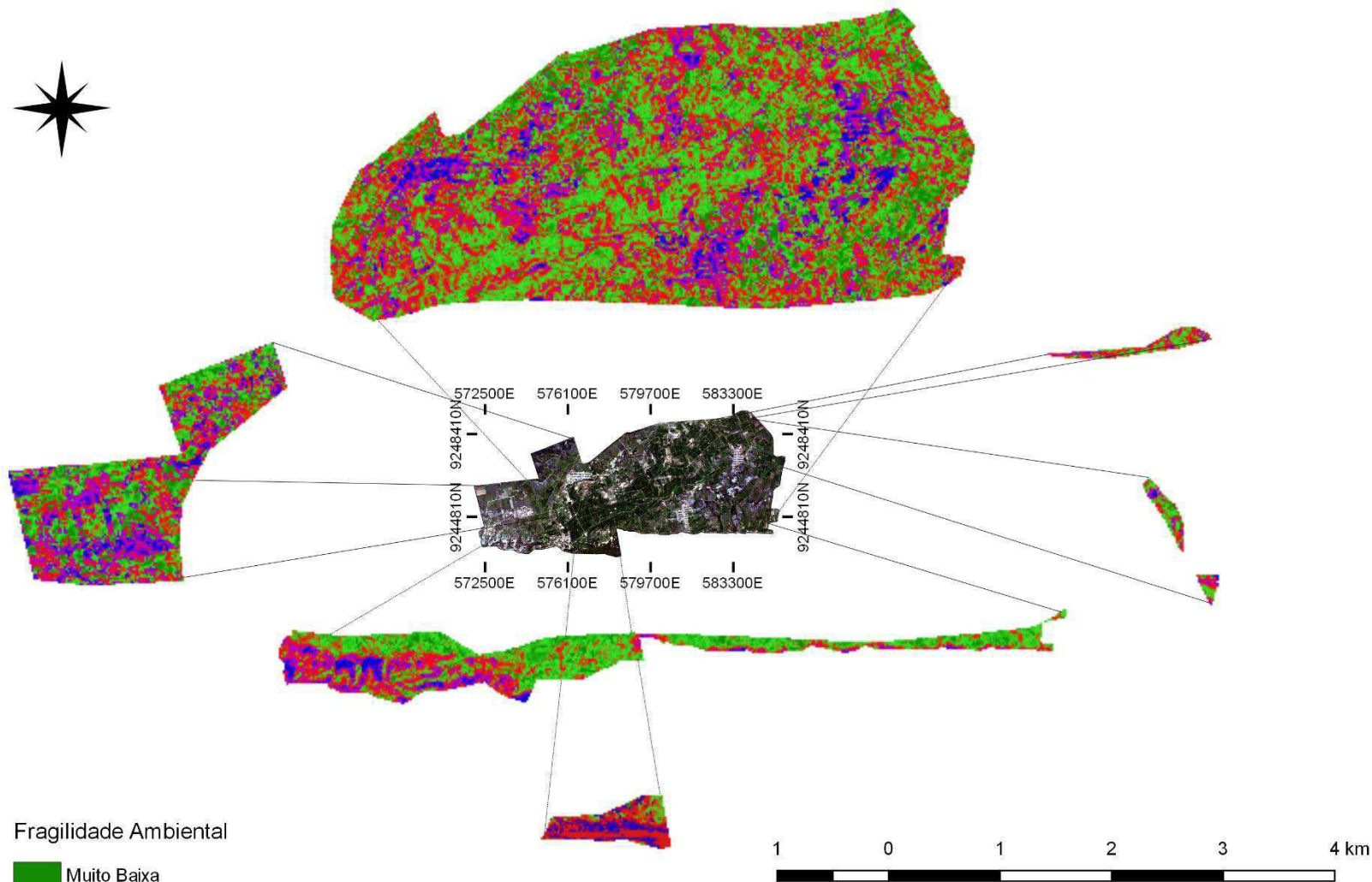
A metodologia proposta por Ross (1994), define que a declividade deve sobrepor as demais variáveis solos, cobertura vegetal e pluviosidade, assim é a declividade que define o grau de fragilidade ambiental do ambiente. A cobertura vegetal irá definir em qual unidade ecodinâmica está inserido essa fragilidade, se em unidades ecodinâmicas estáveis (instabilidade potencial), ou em fragilidade instáveis (estabilidade emergente).

Tabela 7: Dados das Classes de Fragilidade Ambiental.

	Classes de Fragilidade	Índices de Fragilidade Ambiental	Relevo	Tipo de solo	Graus de Proteção	Características Pluviométricas
Unidades Ecodinâmicas Estáveis	Muito Baixa	1, 4, 3, 5	Muito Fraco	Planossolo Nátrico	Culturas de ciclo longo, pastagem com baixo pisoteio e sub-bosques de vegetação nativa.	Com episódios de chuvas de alta intensidade com volumes anuais, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).
	Baixa	2, 3, 3, 5	Fraco	Neossolo Flúvico	Culturas de ciclo longo, pastagem com baixo pisoteio e sub-bosques de vegetação nativa.	Com episódios de chuvas de alta intensidade com volumes anuais, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).
	Média	3, 3, 3, 5	Médio	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	Culturas de ciclo longo, pastagem com baixo pisoteio e sub-bosques de vegetação nativa.	Com episódios de chuvas de alta intensidade com volumes anuais, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).
	Alta	4, 5, 2, 5	Forte	Neossolo Litólico	Culturas de ciclo longo, vegetação secundária mais densa, pastagens sem pisoteio animal	Com episódios de chuvas de alta intensidade com volumes anuais, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).
	Média	3, 5, 4, 5	Médio	Vertissolo	Culturas com baixa densidade vegetal, com solo exposto entre as ruas e culturas de ciclo curto como o arroz, feijão e milho.	Com episódios de chuvas de alta intensidade com volumes anuais, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).
Unidades Ecodinâmicas Instáveis	Alta	-	-	-	-	-
	Muito Alta	-	-	-	-	-

Fonte: Autor

MAPA 10: Mapa de Fragilidade Ambiental



Fragilidade Ambiental

- Muito Baixa
- Baixa
- Média
- Alta
- Muito Alta

Fonte:
Inclui material © RapidEye AG 2014. Todos os
direitos reservados.
EPSG: WGS 84/UTM zone 24S
Ataías Sarmento Sá
Maio de 2016

5. CONCLUSÃO

O PISG está inserido em um grau de fragilidade ambiental variando de baixo a intermediário, com alguns locais tendo uma fragilidade alta e muito alta, com classificação de instabilidade potencial e algumas áreas de instabilidade emergente.

As áreas com solos do tipo vertissolo apresentaram um relevo mais irregular, variando de 10% a 30% com classificação (3) e baixa proteção (4), sendo assim inserido na classe de fragilidade de instabilidade emergente ou de unidade ecodinâmica instável, por apresentar baixa proteção ao solo.

Por ser uma área com baixo nível de declividade os processos erosivos são minimizados, mas em contrapartida devido a drenagem insuficiente e a intensidade das chuvas e o excessivo uso de máquinas agrícolas tornam os solos cada vez mais frágeis.

O estudo dos graus de proteção da região mostrou que a quantidade de mata nativa é bem pequena, plantas consideradas do clímax são pouco vistas na área o que torna o solo mais exposto. A principal produção agrícola da região é o coco, em geral as técnicas conservacionistas usadas nessa cultura são bastante escassas no PISG, muitas das vezes deixando o solo exposto entre linhas, vulnerável aos processos erosivos.

O índice pluviométrico anual da região é considerado baixo, com chuvas irregulares e intensas, mesmo com as secas que acometem a região a intensidade das chuvas é fator bastante agravante dos processos erosivos no PISG.

A metodologia mostrou-se satisfatória para a região da pesquisa sendo esse o primeiro passo para identificação, monitoramento e correção dessas áreas. Com a identificação dos locais com fragilidade ambiental média, esses devem ser monitorados para que essas áreas não venham a se tornar mais fragilizadas. Como também os locais com fragilidade muito alta devem ser usadas técnicas de recuperação para que seu equilíbrio seja restabelecido.

O estudo e mapeamento da fragilidade ambiental do perímetro irrigado de São Gonçalo irá contribuir para aumentar o conhecimento da real situação ambiental da região, principalmente a importância das suas potencialidades naturais, subsidiando melhor o planejamento ambiental, selecionando as áreas para os diversos usos e ocupação de acordo com a sua aptidão natural.

Os órgãos que fiscalizam e são responsáveis pela reestruturação do local como o DNOCS-PB podem usar estudos de fragilidade ambiental para melhor avaliar as condições ambientais da região junto com análises em campo, melhorando assim a avaliação dos problemas e a caracterização ambiental da região. Vale ressaltar que o estudo e mapeamento da fragilidade ambiental não substitui os estudos feitos em campo, ambos devem ser usados para melhorar os resultados e ajudar na tomada de decisão.

O PISG apresenta uma declividade baixa, o que pode mascarar alguns resultados com relação a sua fragilidade ambiental, já que a metodologia leva em consideração principalmente a declividade, assim como sugestão para futuros trabalhos devem ser levados em consideração os fenômenos climáticos, a influência dos diversos usos do solo e a relação socioambiental para a classificação da fragilidade ambiental em áreas com declividade baixa.

Por fim, espera-se que o presente trabalho contribua no processo de tomada de decisão para um melhor planejamento e gestão ambiental da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, B.; CARVALHO N. J.; SILVA, R.; DANTAS, J. **Variabilidade Espacial da Erosividade das Chuvas para o Estado da Paraíba**. Revista Brasileira de Geografia Física, América do Norte, 719 11 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10703: degradação do solo**, 1989.

BAI ZG, DENT DL, OLSSON L and SCHAEPMAN. **Global assessment of land degradation and improvement. 1. Identification by remote sensing**. Report 2008/01, ISRIC – World Soil Information, Wageningen.

BAPTISTA, G.M.M. **Diagnóstico Ambiental da Perda Laminar de Solos, no Distrito Federal, por meio do Geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado, Publicação MTARH.DM-001A/97, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1997.

BERTONI, J. e LOMBARDI N., F. Conservação do solo. São Paulo, Ícone, 2014.

BRASIL. **Departamento Nacional de Obras Contra as Secas**, São Gonçalo – Sousa – PB.

CREPANI, E. *et al.* **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. INPE, São José dos Campos, SP, 1996.

CRISPIM, A.B.; SOUZA, M.J.N. de; LOURENÇO, R.M. **Relação sociedade/natureza, fragilidade e degradação ambiental: bases conceituais para os estudos ambientais**. Revista Geonordeste, São Cristóvão, Ano XXV, n. 3, p. 24-39, ago./dez. 2014

EMBRAPA Solos UEP Recife, disponível em: www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html Acesso em: 21/03/2016

FIERZ, M. S. M. **As abordagens sistêmica e do equilíbrio dinâmico na análise da fragilidade ambiental do litoral do Estado de São Paulo**: contribuição à geomorfologia das planícies costeiras. 2008. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-17032009-141618/>>. Acesso em: 2016-02-08.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Imagem de Satélite para estudos Ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

GALVÃO L. S. *et al.* **Uso de imagens RapidEye no estudo das variações sazonais de índices de vegetação no Parque Estadual do Turvo (PET)**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

GITELSON, A.A., MERZLYAK, M.N., LICHTENTHALER, H.K., 1996. **Detection of red edge position and chlorophyll content by reflectance measurements near 700 nm**. Journal of Plant Physiology, v. 148, p. 501–508, 1996.

GOMES, R. A. **As Implicações do Trabalho e da Cultura na Mobilidade da População dos Projetos de Irrigação do Sertão Paraibano**. Ouro Preto: XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2002.

KAWAKUBO, F. S. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento**. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2203-2210.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. **Áreas degradadas e sua recuperação. Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.22, n.210, p.10-17, 2001.

MAGALHÃES, R. A. **Erosão: Definições, Tipos e Formas de Controle**. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão Goiânia (GO), 03 a 06 de maio de 2001.

NETO, M. F. S. **A problemática da salinização do solo no perímetro irrigado de São Gonçalo – PB**. 2013. 139 fls. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba. 2013).

NETO, M. F. S. *et al.* **Análise do perfil agrícola do perímetro irrigado de São Gonçalo-PB**. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v.5, n.2, p. 155-172, 2012.

QUINTANILHA, J.A. **Entrada e Conversão de Dados: Processos de Construção de Bases Digitais de Dados Espaciais**. Anais III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, 1995.

RODRIGUES M. 1993. **Geoprocessamento: um retrato atual**. Revista Fator GIS, 1(2):20-23.

ROSA, M. R.; ROSS, J. L. **Aplicação de sig na geração de cartas de fragilidade**. Revista do Departamento de Geografia, 1999.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. Coleção - Repensando a Geografia. 86p.

ROSS, J. L. S. **O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo**. Rev. do Depto. Geografia, FFLCH - USP, São Paulo, n.6, p. 17-29, 1992.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. Revista do Departamento de Geografia FFLCH/USP, São Paulo, v.10, p. 41-59, 1996.

ROUSE, J.W. *et al.* **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. In: Third ERTS-1 Symposium, Washington, 1973. Proceedings... Washington, DC, 10–14 December. NASA, p. 309-317, SP-351. 1973

SILVA, B. B. *et al.* **Determinação por sensoriamento remoto da produtividade primária bruta do perímetro irrigado São Gonçalo** - PB. Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso), v. 28, p. 57-64, 2013.

SOBRINO, J.A., RAISSOUNI, N., ZHAO-LIANG, LI **A comparative study of land surface emissivity retrieval from NOAA data** *Remote Sensing of Environment*, vol. 75. Elsevier, New York, 2000, pp. 256–266.

SPÖRL C, ROSS J. L. S. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos**. GEOUSP -Espaço e Tempo 2004; 15: 39-49.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. Programa de Pós-Graduação em Geografia Física - FFLCH/USP, 2001. (Tese de Doutorado).

TAVARES, S. R. L. **Curso de Recuperação de Áreas Degradadas: A Visão da Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de monitoramento e Estratégias de Recuperação** - Dados eletrônicos. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Rio de Janeiro: FIBGE, 1977. 97p.