

## Uso da ferramenta SIG para o monitoramento no desenvolvimento de culturas na região do semiárido paraibano

Use of the GIS tool for monitoring crop development in the semi-arid region of Paraíba

Uso de la herramienta SIG para monitorear el desarrollo de cultivos en la región semiárida de Paraíba

Recebido: 06/03/2022 | Revisado: 13/03/2022 | Aceito: 18/03/2022 | Publicado: 26/03/2022

### **Sileno Fernandes Oliveira Filho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2564-6313>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [fernandessileno@gmail.com](mailto:fernandessileno@gmail.com)

### **Amanda Cristiane Gonçalves Fernandes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8462-6171>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [amandafernandestt@gmail.com](mailto:amandafernandestt@gmail.com)

### **Igo Marinho Serafim Borges**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3662-1859>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [igomarinho27@gmail.com](mailto:igomarinho27@gmail.com)

### **Anderson Felipe Leite dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1947-5175>  
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil  
E-mail: [anderson.felipe@unesp.br](mailto:anderson.felipe@unesp.br)

### **Jean Oliveira Campos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2874-754X>  
Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
E-mail: [jeannoliveira@gmail.com](mailto:jeannoliveira@gmail.com)

### **Emanuelly Cristovão Barbosa da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3835-1132>  
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil  
E-mail: [cristovamemanuelly@gmail.com](mailto:cristovamemanuelly@gmail.com)

### **Miriam Souza Martins**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3512-4770>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [miriam2009souza@gmail.com](mailto:miriam2009souza@gmail.com)

### **Jucianny Araújo da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8199-9212>  
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil  
E-mail: [juciannyaraujo@gmail.com](mailto:juciannyaraujo@gmail.com)

### **Cicero Ricardo Barbosa de Paiva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1554-9552>  
Universidade Estadual Vale do Acaraú, Brasil  
E-mail: [prof.ricardopaivace@gmail.com](mailto:prof.ricardopaivace@gmail.com)

### **Jéssica Araújo Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-2137>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [jeharaujo03@gmail.com](mailto:jeharaujo03@gmail.com)

### **Magna Jussara Rodrigues Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8026-6607>  
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil  
E-mail: [magna.santos@aluno.uepb.edu.br](mailto:magna.santos@aluno.uepb.edu.br)

### **Jasmyne Karla Vieira Souza Maciel**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9522-2607>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [Jasmynejk@gmail.com](mailto:Jasmynejk@gmail.com)

### **Resumo**

O principal objetivo dessa pesquisa é analisar de forma preliminar da região Cariri Ocidental Paraibano, para se detectar quais seriam os possíveis tipos de culturas que podem ter maior viabilidade de desenvolvimento agrário na região estuda, tomando como base uma área localizada no semiárido paraibano. Como metodologia aplicada nessa pesquisa foi utilizado o programa de mapeamento SIG, Um sistema de informação geográfica, também conhecido como GIS, é

um sistema de hardware, software, informação espacial, procedimentos computacionais e recursos humanos que permite e facilita a análise, gestão ou representação de informação geográfica. Os principais resultados obtidos foram além de conseguir mensurar quais culturas mais adequadas através de análises de mapas temáticos com características capazes de dar informação com certa antecipação e confiabilidade. Tendo uma boa avaliação sistemática do ambiente estudado com o propósito de aplicar nesses solos estudados sistemas de correções ou culturas coniventes aos seus nutrientes encontrados através da pesquisa. Conclui-se que, o uso do SIG proporciona uma concepção mais detalhada e cuidadosa de qual tipo de cultura pode ser aplicado a uma área de estudo, tendo como propósito melhor qualidade agrícola e melhor desempenho ambiental.

**Palavras-chave:** SIGs; Gestão ambiental; Semiárido; Informação espacial.

#### **Abstract**

The main objective of this research is to analyze in a preliminary way the Cariri Ocidental region of Paraíba, to detect which would be the possible types of cultures that may have greater viability of agrarian development in the region studied, based on an area located in the semi-arid region of Paraíba. As a methodology applied in this research, the GIS mapping program was used. A geographic information system, also known as GIS, is a system of hardware, software, spatial information, computational procedures and human resources that allows and facilitates the analysis, management or representation of geographic information. The main results obtained went beyond being able to measure which cultures are most suitable through analysis of thematic maps with characteristics capable of providing information with some anticipation and reliability. Having a good systematic evaluation of the studied environment with the purpose of applying in these studied soils correction systems or cultures conniving to their nutrients found through the research. It is concluded that the use of GIS provides a more detailed and careful conception of which type of culture can be applied to a study area, with the purpose of better agricultural quality and better environmental performance.

**Keywords:** GIS; Environmental management; Semiarid; Spatial information.

#### **Resumen**

El objetivo principal de esta investigación es analizar de manera preliminar la región Cariri Ocidental de Paraíba, para detectar cuáles serían los posibles tipos de culturas que pueden tener mayor viabilidad de desarrollo agrario en la región estudiada, a partir de un área ubicada en el región semiárida de Paraíba. Como metodología aplicada en esta investigación se utilizó el programa de mapeo SIG. Un sistema de información geográfica, también conocido como SIG, es un sistema de hardware, software, información espacial, procedimientos computacionales y recursos humanos que permite y facilita el análisis, manejo o representación de la información geográfica. Los principales resultados obtenidos fueron más allá de poder medir qué culturas son las más idóneas mediante el análisis de mapas temáticos con características capaces de proporcionar información con cierta anticipación y fiabilidad. Contar con una buena evaluación sistemática del ambiente estudiado con el fin de aplicar en estos suelos estudiados sistemas de corrección o cultivos que contribuyan a sus nutrientes encontrados a través de la investigación. Se concluye que el uso de SIG proporciona una concepción más detallada y cuidadosa de qué tipo de cultivo se puede aplicar a un área de estudio, con el propósito de una mejor calidad agrícola y un mejor desempeño ambiental.

**Palabras clave:** SIG; Gestión ambiental; Semi árido; Información espacial.

## **1. Introdução**

Desde o início o homem sempre precisou de algum tipo de orientação para seu melhor desenvolvimento, tendo que procurar os melhores lugares para habitar, tendo a preocupação com o tipo de terreno a acomodar o qual não poderia ser muito acidentado, ou ainda em algum local que tivesse proximidade de um acesso a alguma fonte de água, etc. Com o passar dos anos estes cuidados foram cada vez mais sendo insuficientes para suas tomadas de decisões, sendo necessário que estes recorressem ou mesmo desenvolvessem outros tipos de estudos e pesquisas (Collins, 2019). Logo começou a ter em mente que para a sustentabilidade do solo seria indispensável uma análise mais aprofundada deste, embora que não fosse suficiente para um veredito final, pelo fato de encontrar-se uma grande variedade de amostras de solos em pequenos espaços (Silva, 2017).

Devido as crescentes mudanças climáticas ocasionadas pelo o homem, diversos fatores vêm sendo afetados no meio ambiente, seja no âmbito meteorológicos ou no meio terrestres, sendo assim, necessário se haver uma maior preocupação nos prognósticos das regiões a serem exploradas, propiciando uma antecipação de qual seria a melhor forma de utilização consciente e eficaz do nicho a ser explorado, sendo esta racional e com o mínimo de prejuízo das áreas a serem usadas, evitando a degradação do meio ambiente (Mamed et al., 2020).

Da mesma forma que a cartografia foi uma das principais ferramentas para ampliar os espaços territoriais o geoprocessamento vem nos dias atuais vem a ser um grande aliado das tomadas de decisões do homem, fazendo com que as melhores decisões sejam tomadas de forma coerente e com um melhor nível de segurança, pois esta ferramenta vem a dar uma maior padronização dos mapas, das áreas estudadas, podendo ainda dar uma resposta da qualidade de vida e desenvolvimento econômico além dos impactos ambientais existentes naquele local (Fonseca, 2019). Assim, este pode deixar de ser apenas mais uma imagem espacial. Este tem o poder de trazer em tempo real as formas, as dimensões, os tipos de ocorrências existentes em um local desejado.

Com este estudo pode-se levar em consideração quais as melhores alternativas para uma gestão do local. Também é prudente que o contexto explorado não poderá dar com toda precisão a forma do gerenciamento a ser utilizado, mas dará uma melhor visão dos problemas e das soluções a serem tomadas, decorrente do seguinte princípio que tudo deve ser implantado com um bom planejamento e um bom levantamento do espaço.

Uma análise preliminar de uma determinada região para se detectar quais seriam os possíveis tipos de culturas que podem ter maior viabilidade de desenvolvimento agrário na região estuda, tomando como base uma área localizada no semiárido paraibano. Vendo assim, as culturas mais adequadas através de análises de mapas temáticos com características capazes de dar informação com certa antecipação e confiabilidade.

## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1 Sistemas de Informações Geográficas (Sigs)**

Os SIGs são constituídos por um grupo de “ferramentas” específicas para coleta, tratamento, recuperação, visualização, armazenamento e análise de informações georreferenciadas com vistas a obter novas informações nas mais diversas áreas do conhecimento científico (Câmara & Davis, 2002; Castanho et al., 2005). O geoprocessamento direciona suas técnicas matemáticas e computacionais, para o tratamento de dados adquiridos sobre objetos ou fenômenos geográficos identificados (Moreira, 2003). Assim sendo, permite a realização de simulações de alterações decorrentes em um ou mais fatores que compõem a paisagem a ser estudada possibilitando prever a ocorrência ou não de impactos ambientais (Silva et al., 2003). E possibilitam a sobreposição de diferentes mapas temáticos com o cruzamento de seus dados, além de variados e complexos cálculos (Piroli, 2002). A possibilidade de se gerar um banco de dados geoambiental através da utilização da cartografia computadorizada, do suporte de uma estatística inferencial aliados à utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permite que seja provido um modelo operacional para subsidiar diversificados projetos de fundo ambiental (Costa et al., 2005).

A utilização dos SIGs é, ideal para o acompanhamento da dinâmica da utilização das terras e para a análise espacial dos objetos ao longo do tempo (Wachholz et al., 2004). É também considerada uma importante ferramenta para auxiliar na caracterização dos solos, pois possibilita a minimização do custo e do tempo da manipulação de mapas e da investigação de áreas, além de maximizar a qualidade e precisão dos resultados fornecidos (Silva et al., 2003). A tecnologia SIG tem sido usada por vários setores que tratam da questão ambiental como importante ferramenta para o planejamento ambiental, pois a avaliação integrada de um grande número de variáveis se torna possível e simplificada com o uso deste sistema; permite a rápida geração de informações intermediárias e finais, além da inclusão de variáveis anteriormente não pensadas, visto que possibilita novas interações a qualquer momento. De acordo com Eastman (1998), apesar dos sistemas de apoio à decisão serem uma das mais importantes funções de um SIG, as ferramentas desenhadas especialmente para este fim existem em número relativamente pequeno na maior parte dos softwares de SIG. O Software Idrisi for Windows, inclui vários módulos especialmente desenvolvidos para auxiliar no processo de tomada de decisão; trata-se de módulos que incorporam o erro no processo, ajudam

na construção de mapas de aptidão através de critérios múltiplos e atendem a decisões sobre localização, quando objetivos múltiplos estão envolvidos (Sartoni, 2010).

## 2.2 Geoprocessamento

O geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de ciências, tecnologias e técnicas empregadas na aquisição, armazenamento, gerenciamento, manipulação, cruzamento, exibição, documentação e distribuição de dados e informações geográficas (Fernandes, 2017). Para se realizar o geoprocessamento são necessários cinco elementos, sendo eles: os dados geográficos, recursos humanos, equipamentos, programas computacionais e métodos de trabalho. Todos esses elementos devem ser modelados ou especificados, de acordo com a aplicação do geoprocessamento que se deseja alcançar, uma aplicação de geoprocessamento em meio ambiente necessita de um conjunto de dados, pessoas, equipamentos, programas computacionais e métodos de trabalhos, muito diferente de uma aplicação na área de segurança (Ribeiro et al., 2014).

O termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica GIS - sigla em Inglês para SIG -, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados geo-referenciados (Fernandes, 2017). Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos. Num país de grande dimensão como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente (Ribeiro et al., 2014).

Muitos pesquisadores e especialistas na área preferem o termo "Geoinformática", que é mais geral que o termo "Geoprocessamento", e corresponde a uma analogia ao termo "Bioinformática". A Sociedade Brasileira de Computação (SBC) prefere este termo (Furtado, 2017). A SBC possui uma comissão especial de Geoinformática e organiza anualmente o Simpósio Brasileiro de Geoinformática (GeoInfo). Mais facilmente falando são informações relacionados a recursos naturais, cartografias, transportes, comunicações, e outros; por meio da informática.

Segundo Guimarães *et al.* (1995), o geoprocessamento é um conjunto híbrido (resultante do cruzamento) de processamento de imagens e SIGs. Estes aplicativos servem como auxílio à criação de um banco de dados digital. Especificamente, desenvolveu-se uma metodologia que utiliza a modelagem numérica (visualização tridimensional) para representação espacial tridimensional de mapas de sítios, visando ao cruzamento com outros mapas temáticos de interesse na área, de maneira a facilitar a tomada de decisões com relação à implantação ou reforma de povoamentos, que necessitam de informações referentes a sítios de melhores produções. Estas informações encontram-se georeferenciadas em forma digital, beneficiando-se das vantagens das técnicas computacionais e possibilitando a criação de outros mapas derivados (Ribeiro et al., 2014).

O geoprocessamento consta como emergente, em face de grande necessidade de armazenamento e gerenciamento de dados tabelados, mapas em forma digital e informações gerais. Assim, os sistemas de informação geográfica (SIGs), definidos por Röhm e Calijuri (1994) como uma coleção organizada de *hardware*, *software*, dados geográficos, projetados para, eficientemente, capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar todas as formas de informações referenciadas geograficamente possuem um vasto campo a ser explorado. Muito se deve pesquisar sobre eles e desenvolver aplicações, com a finalidade de organizar e gerenciar dados, que se inter-relacionam com atributos espaciais georeferenciados (mapas).

Após o surgimento do Google Maps, do Google Earth e do WikiMapia uma verdadeira revolução está acontecendo. Pessoas que até então não tinham qualquer contato com ferramentas GIS, de uma hora para outra podem ter acesso à qualquer

parte do planeta por meio de aplicações que misturam Imagens de Satélite, Modelos 3D e GPS, sendo que o usuário necessita apenas ter conexão à internet (Oliveira, 2013). A Microsoft já anunciou também a sua solução de visualização do Globo terrestre em 3D, chamado de Virtual Earth. Fabricantes de aparelhos de celular já estão lançando telefones equipados com GPS e mapas. Montadoras já fabricam carros com sistemas de rastreamento por satélite. A cada dia fica mais comum estar em contato com o Geoprocessamento, mesmo que não saibamos que ele está de alguma forma sendo usado.

### 2.3 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto é composto ativamente de diferentes maneiras por diversos autores, sendo a definição mais usual a adotada por Avery e Berlin (1992); Meneses (2001) e Oliveira (2013): uma técnica para obter informações sobre objetos através de dados coletados por instrumentos que não estejam em contato físico como os objetos investigados. Por não haver contato físico, a forma de transmissão dos dados (do objeto para o sensor) só pode ser realizada pela Radiação Eletromagnética, por ser esta a única forma de energia capaz de se propagar pelo vácuo. Considerando a Radiação Eletromagnética como uma forma de energia, o Sensoriamento Remoto pode ser definido com maior rigor como uma medida de trocas de energia que resulta da interação entre a energia contida na Radiação Eletromagnética de determinado comprimento de onda e a contida nos átomos e moléculas do objeto de estudo.

Três elementos são fundamentais para o funcionamento de um sistema de Sensoriamento Remoto: Objeto de estudo, Radiação Eletromagnética e um Sensor. Pelo princípio da conservação da energia, quando a radiação eletromagnética incide sobre a superfície de um material, parte dela será refletida por esta superfície, parte será absorvida e parte pode ser transmitida, caso a matéria possua alguma transparência. A soma desses três componentes (Refletância, Absorbância e Transparência) é sempre igual, em intensidade, à energia incidente. O que nossos olhos percebem como cores diferentes são, na verdade, radiação eletromagnética de comprimentos de onda diferentes. A cor azul corresponde ao intervalo de 0,35 a 0,50 $\mu\text{m}$ , a do verde vai de 0,50 a 0,62 $\mu\text{m}$  e a do vermelho, de 0,62 a 0,70 $\mu\text{m}$  (os intervalos são aproximados, e variam segundo a fonte de consulta). Estes intervalos também são conhecidos como 'regiões'. Acima do vermelho, está a região do infravermelho, e logo abaixo do azul está o ultravioleta. Os sensores remotos medem as intensidades do Espectro eletromagnético e, com essas medidas, obtém imagens nas regiões do visível (azul, verde e vermelho) ao infravermelho medem a intensidade da radiação eletromagnética refletida em cada intervalo pré-determinado de comprimento de onda.

O sensoriamento remoto pode ser utilizado de três tipos que são os seguintes, em nível terrestre, sub-orbital e orbital. Os representantes mais conhecidos do nível sub-orbital são as também chamadas fotografias aéreas, utilizadas principalmente para produzir mapas (Singo, 2018). Neste nível opera-se também algumas câmeras de vídeo e radares. No nível orbital estão os balões meteorológicos e os satélites. Os primeiros são utilizados nos estudos do clima e da atmosfera terrestre, assim como em previsões do tempo. Já os satélites também podem produzir imagens para uso meteorológico, mas também são úteis nas áreas de mapeamento e estudo de recursos naturais. Ao nível terrestre são feitas as pesquisas básicas sobre como os objetos absorvem, refletem e emitem radiação. Os resultados destas pesquisas geram informações sobre como os objetos podem ser identificados pelos sensores orbitais (Singo, 2018). Desta forma, é possível identificar áreas de queimadas numa imagem gerada de um satélite, diferenciar florestas de cidades e de plantações agrícolas e até identificar áreas de vegetação que estejam doentes ou com falta de água.

O levantamento do uso atual da terra, necessário para fins de planejamento, pode ser obtido a partir da utilização de dados multiespectrais, fornecidos por satélites de Sensoriamento Remoto, associados às técnicas de interpretação (Pereira et al., 1989). As vantagens de utilizar dados de sensoriamento remoto nos levantamentos do uso atual das terras, segundo Freitas Filho (1990), são atingir grandes áreas de difícil acesso e fazer o imageamento a altas altitudes, possibilitando uma visão sinóptica da superfície terrestre, com repetitividade, viabilizando, portanto, as ações de monitoramento. Santos et al. (1993) comentam que o

uso de imagens de satélite como base cartográfica é muito promissor, devido ao seu relativo baixo custo, fácil aquisição, periodicidade de aquisição e fornecimento de importantes informações sobre mudanças no uso da terra. Para Crosta (1992) afirma que, na classificação supervisionada, é necessário que o usuário tenha conhecimento prévio da área a ser classificada. Esse tipo de observação é chamado de verdade terrestre. Essas áreas podem ser usadas como padrão de comparação, com a qual todos os "pixels" desconhecidos da imagem serão comparados para decidir a qual classe pertence (Singo, 2018).

O uso de imagens de sensoriamento remoto de média resolução espacial, em substituição às fotografias aéreas de arquivo, pode facilitar a localização e a identificação in loco dos detalhes dos elementos amostrais (Rezende, 2000). Tais imagens, além do custo relativamente reduzido, podem ser adquiridas em datas próximas ao trabalho de campo, em função do recobrimento sistemático e frequente do globo terrestre pelos satélites. Para tanto, as imagens necessitam reunir características espaciais e espectrais de modo a permitir a localização dos elementos no campo. O sensor Enhanced Thematic Mapper plus (ETM+), a bordo do satélite Landsat-7, operou, com sucesso, de abril de 1999 a maio de 2003. As imagens obtidas pelo ETM+ possuem seis bandas espectrais centradas desde a região do visível até o infravermelho médio do espectro eletromagnético, com resolução espacial de 30 m. Além disso, o sensor ETM+ possui também uma banda pancromática com resolução espacial de 15 m. Em comparação com os sensores de maior resolução espacial, como os existentes a bordo dos satélites Ikonos, Quick Bird e SPOT-5, por exemplo, o sensor ETM+ apresenta como vantagem o menor custo e o recobrimento sistemático do globo terrestre, com a possibilidade de obtenção de uma imagem a cada 16 dias, da mesma área.

As técnicas de fusão permitem integrar a maior resolução espacial da banda pancromática à maior resolução espectral das demais bandas, produzindo imagem colorida que reúne ambas as características. As técnicas de fusão incluem: (i) Intensidade-Matiz-Saturação (IHS); (ii) Principais Componentes; (iii) Transformação de Brovey; (iv) Transformação Wavelet, dentre outros (Carper et al., 1990; Chaves et al., 1991; Blanc et al., 1998; Pohl & Genderen, 1998; Nunez et al., 1999). No entanto, o método de IHS é um dos mais utilizados, devido a sua eficiência e facilidade de implementação (TU et al., 2001).

## 2.4 Levantamento de Solos

Levantamentos de solos representam um inventário de informações ambientais que estabelecem uma base científica para o planejamento do uso da terra. Interpretações sobre o uso de cada unidade de mapeamento atendem os mais diversos fins: agropecuária, engenharia, locação de áreas de empréstimo, manejo florestal, desenvolvimento urbano, dentre outros (Oliveira, 2013; Miller & Donahue, 1990). O conhecimento dos recursos naturais (solos, clima, vegetação e relevo) constitui parte do embasamento indispensável para a avaliação do potencial de uso das terras. Estas informações, combinadas com os contextos sociais, econômicos e culturais, levam à possibilidade de análise das oportunidades, das restrições e dos impactos ligados ao uso da terra (Horta et al., 2009). Desse modo, é possível identificar áreas com maior ou menor aptidão para as mais diversas atividades, sejam agrícolas ou não, considerando aspectos de equidade e justiça social e responsabilidade no uso dos recursos naturais, visando benefícios coletivos. Para analisar fenômenos dessa amplitude, relacionados com as ciências que estudam o uso da terra, é preciso que se crie um banco de dados consistente, georreferenciado e quantitativo (Cooper et al., 2005).

Analogamente ao levantamento de solos a partir de reconhecidos condicionantes do relevo, a geração de extensas coleções de dados viabilizadas pela modelagem digital da topografia tem dado suporte, por exemplo, ao estudo de efeitos topográficos sobre a vegetação (Florinsky & Kuryakova, 1996). Esses autores consideraram recomendável o uso de modelos digitais e mapas de variáveis topográficas como contribuição ao levantamento e ao mapeamento da vegetação e à compreensão de seus aspectos dinâmicos. De acordo com Resende et al. (2002), cada classe de solo corresponde a uma unidade taxonômica. Por sua vez, várias unidades taxonômicas constituem uma unidade de mapeamento a qual leva, geralmente, o nome da unidade taxonômica dominante. As associações de solos são agrupamentos de unidades taxonomicamente definidas que ocorrem juntas no espaço geográfico, ou seja, em associação regular e são consideradas unidades de mapeamento (Horta et al., 2009).

O conhecimento da ocupação do solo e da sua localização em uma determinada região fornecem elementos para o planejamento de uso ambiental e de extração de recursos naturais visando à melhoria da qualidade de vida da população. Os dados experimentais obtidos de imagens orbitais são fundamentais para os estudos no campo científico, principalmente no planejamento de uso da terra, por possuírem um rico e importante potencial de variáveis mensuráveis dos aspectos superficiais do terreno. A identificação, o mapeamento e a quantificação das ocupações do solo com a análise visual da imagem de satélite são de fundamental importância para os profissionais que dependem de um levantamento mais detalhado dos alvos. A cobertura vegetal, segundo Vieira (1978), tem grande influência nos processos de escoamento, pois atua no regime das águas, nas características do solo e no mecanismo hidrológico, retardando e desviando o escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão. O conhecimento da ocupação do solo quanto a sua natureza, localização, forma de ocorrência e mudanças ocorridas em determinados períodos são de grande valia para a programação de atividades que visam ao desenvolvimento agrícola, econômico e social da região (Politano et al., 1980).

## 2.5 Irrigação

O aumento da demanda de água para a irrigação tem sido objeto de constante preocupação dos órgãos de gestão dos recursos hídricos. Com base nas classificações das Nações Unidas (Shiklomanov, 1997) e (Oliveira, 2013), do Banco Mundial (Rebouças et al., 1999) e de Beekman (1999), o que indica a possibilidade de futura ocorrência de conflitos pelo uso da água e a necessidade de gestão dos recursos hídricos existentes. Para que seja possível uma adequada gestão desses recursos, o conhecimento sobre a oferta e a demanda hídrica é fundamental. Tratando-se da oferta, sua determinação é efetuada, normalmente, com base em dados hidrométricos e estudos hidrológicos e estatísticos que permitem estimar a disponibilidade hídrica associada à probabilidade de ocorrência em determinada localidade e época do ano. A menos que existam reservatórios (barragens) ao longo dos cursos d'água, os impactos das atividades antrópicas sobre a oferta hídrica de um dado local se processam, normalmente, de forma lenta e, dependendo da relação espacial entre a área antropizada e a dimensão do curso d'água, não chegam a ser perceptíveis. Entretanto, quando se refere à demanda por recursos hídricos, o desenvolvimento das atividades antrópicas tem influência direta sobre esses valores, que podem ser alterados abruptamente, com a simples introdução de uma nova indústria ou área irrigada na bacia (Oliveira, 2013).

Esse fato fortalece a ideia de que estudos para o conhecimento da demanda por recursos hídricos devem ser atualizados com maior frequência que os de disponibilidade hídrica. Nos locais onde o sistema de gestão de recursos hídricos já está devidamente implementado, a integração entre os sistemas de informações, de outorga e de cobrança permitirá a constante atualização dos dados de disponibilidade e demanda hídrica (Trindade, 2016).

Dada à escassez dos recursos hídricos, o uso da água em áreas irrigadas deve ser o mais racional possível. Assim, determinar o consumo da água das culturas passa a ser um requisito fundamental para o sucesso da irrigação. Para se estimar a evapotranspiração de uma cultura, geralmente é necessário determinar a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), ajustando-a, posteriormente, às condições específicas das culturas e sua fase de desenvolvimento (Trindade, 2016). Devido à falta de informações climatológicas espacializadas, geralmente, o projetista utiliza informações climatológicas de estações situadas em locais distantes da área de locação do projeto, o que acaba acarretando em erros na estimativa da real demanda hídrica das plantas. Ian e Wein (1998), citados por Amorim et al. (2003), afirmam que o uso de dados de estações climatológicas próximas pode ser realizado adotando-se a interpolação espacial dos mesmos.

O uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) na agrometeorologia visa solucionar a ausência de informações regionalizadas. Segundo Pellegrino et al. (1998), uma das aplicações principais do SIG em agrometeorologia é a de transformar dados numéricos, obtidos em pontos referenciados geograficamente na superfície, em mapas interpolados, obtendo-se valores estimados para todas as localidades da região representada. Com isso, gera-se uma série de informações confiáveis a respeito do

comportamento espacial da variável, sem a necessidade de observação direta. Hashmi et al. (1995) concluíram que a versatilidade do SIG, ao considerar as variabilidades espacial e temporal dos elementos climáticos, proporciona aos pesquisadores uma poderosa ferramenta para análise espacial. Comentaram, ainda, que a técnica permite abranger, com muita agilidade e precisão, grandes regiões. Vários autores empregaram técnicas de SIG como ferramenta de análise espacial em projetos sujeitos às influências edafoclimatológicas. Autores como Barbosa et al. (2005), Beltrame et al. (1994); Chung et al. (1997) e Bursztyn, (2020). Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas. *Estudos Avançados*, 34, 167-186. Especializaram, com o uso de SIG, a ET0 para diversas regiões. Todos os autores concluíram que a metodologia empregada possibilitou a obtenção de valores estimados individualizados, possibilitando uma estimativa mais precisa da demanda por água em cada localidade (Bursztyn, 2020).

## 2.6 Processos de Classificação

Durante o processo de classificação cria-se um nível único de informação temática, as classes e, cada pixel da imagem será categorizado de acordo com a ocupação do solo, através da utilização de softwares específicos (Moreira, 2003). Os algoritmos de classificação são utilizados para extrair as feições (classes) de interesse a partir de um espaço multidimensional que, geralmente, é representado pelas bandas da imagem (Maillard, 2001; Dutra, 2005). Uma classificação pode ser considerada supervisionada quando as amostras para a sua concretização são determinadas pelo analista; e, não supervisionada, quando o analista não coleta as amostras e opta pelo programa de processamento para implementar a classificação (Ferreira et al., 2001). A classificação supervisionada usa amostras de identidade conhecida para classificar pixels de identidade desconhecida. O analista, portanto, fornece ao sistema de classificação amostras de treinamento das classes de interesse da cena a ser classificada, ou seja, ele direciona o reconhecimento dos padrões espectrais na imagem (Novo, 1992; Lillesand & Kiefer, 2000; Moreira, 2003; Dutra, 2005; Bursztyn, 2020).

A aquisição das amostras de treinamento é considerada a etapa mais importante desse processo, considerando-se imprescindível que elas capturem toda a heterogeneidade do objeto no espectro, representando bem as classes de interesse. Dentre as técnicas de classificação supervisionadas, o classificador de máxima verossimilhança é uma aproximação estatística para o reconhecimento de padrões. Nestes, a probabilidade de um pixel pertencer a cada uma das classes que foram pré-definidas é calculada e o pixel é, então, assimilado pela classe para qual a probabilidade é maior (Tso & Mather, 2001; Bursztyn, 2020).

## 2.7 Classificação e Mapeamento dos Solos

A classificação do solo pode se dar de variadas maneiras e para os mais diversificados fins (Galetti, 1989). São muitos os fatores que auxiliam nessa classificação, dentre esses, a topografia e a posição da paisagem, são relevantes uma vez que geram variadas influências nas propriedades dos solos, mesmo 3 quando esses são fortemente intemperizados e possuem um grau elevado de homogeneidade (Curi & Franzmeier, 1984; Oliveira 2013). De acordo com Resende et al. (2002), cada classe de solo corresponde a uma unidade taxonômica. Por sua vez, várias unidades taxonômicas constituem uma unidade de mapeamento a qual leva, geralmente, o nome da unidade taxonômica dominante. As associações de solos são agrupamentos de unidades taxonomicamente definidas que ocorrem juntas no espaço geográfico, ou seja, em associação regular e são consideradas unidades de mapeamento. Os trabalhos de levantamento e mapeamento de solos utilizam, geralmente, a interpretação fotográfica, considerada uma ferramenta importante para gerar informações pertinentes ao mapeamento (França & Demattê, 1993; Giarola, 1994; Gomes et al., 2004).



### 3. Metodologia

A área de atuação para este estudo foi a do Cariri Ocidental Paraibano onde tem como uma das suas características ser uma zona com uma incidência de baixos índices pluviométricos durante o ano e com uma temperatura variando acima de 25° C durante o ano.

Esta encontra-se inserida no município da cidade de SUMÉ município o qual tem uma área de 840,7 Km<sup>2</sup> e se encontra a uma altitude de 532 metros e com Latitude de - 7° 40' 18'' e ,Longitude - 36° 52' 48'', cortada pela BR-412, cidade que teve seus momentos de auge com um grande desenvolvimento a partir da construção do açude público pelo DNOCS no final da década de 50 com uma capacidade de 43 milhões de metros cúbicos proporcionando a implantação de um perímetro irrigado com extensão superior a 12 Km, onde se desenvolveu a cultura intensiva do tomate que, na época da colheita, empregava grande parte mão-de-obra disponível. Ao lado do tomate, também se produzia banana, milho e diversos tipos de hortaliças. Não deixando de ressaltar também sua localização privilegiada geograficamente por esta inserida em uma zona central dando acesso direto para as cidades de Amparo, Camalaú, Congo, Prata, Monteiro e Serra Branca, além de se encontrar apenas 136 Km da segunda maior cidade da Paraíba Campina Grande e a 250 Km da Capital do Estado Paraíba João Pessoa (Souza, 2017).

Para início do estudo foi feita a delimitação de uma área de 11,11 km<sup>2</sup> com um GPS que percorreu as margens do rio Sucuru, o qual faz parte da Bacia do Paraíba onde o rio encontra-se em nível de ordem 5, o qual se torna afluente do Rio Paraíba posteriormente. Encontrada a região a ser feito o estudo, foi necessário procurar os acervos de mapas e imagens que pudessem ser tomados como referência e fonte de pesquisa no laboratório da AESA em Campina Grande, onde se encontra uma mapoteca, a qual é está ligada ao curso de Engenharia Agrícola da UFCG.

Posteriormente foi construído um painel de amostragem, Mueller *et al.* (1988) onde utilizou-se imagens Landsat-5/TM e fotografias aéreas. Os estratos de uso do solo foram delimitados em transparências sobrepostas às imagens TM, Após este procedimento, os limites preliminares dos estratos foram digitalizados juntamente com os limites municipais, as estradas e a hidrografia assim como impressos em *overlays*, que ao sobrepor as imagens TM, permitiram a construção final dos estratos. Sendo assim possível se ter uma boa quantidade de informações a respeito das características do solo encontrado e para em seguida terem sido feitas as análises necessárias. Na Tabela 1, podemos ver as principais características espectrais de um sensor TM e suas potenciais aplicações.

**Tabela1:** Principais características espectrais de um sensor TM e suas potenciais aplicações.

Canal	Banda (µm)	Aplicações
1	0,45 – 0,52	Mapeamento de águas costeiras, diferenciação entre solo e vegetação, diferenciação entre vegetação conífera e decídua.
2	0,52 – 0,60	Mapeamento de vegetação qualidade de água
3	0,63 – 0,69	Absorção da Clorofila diferenciação de espécies vegetais, áreas urbanas, uso do solo agricultura qualidade d'água
4	0,76 – 0,90	Delineamento de corpos de água mapeamento geomorfológico, mapeamento geológico áreas de queimadas, áreas úmidas e agricultura vegetal.
5	1,55 – 1,75	Uso do solo medidas de umidades de vegetação diferenciação entre nuvens e neve agricultura vegetação
6	2,08 – 2,36	Mapeamento de stress térmico em plantas correntes marinhas propriedades termal do solo dos outros mapeamentos termicos
7	10,4 – 12,5	Identificação de minerais mapeamento hidrotermal

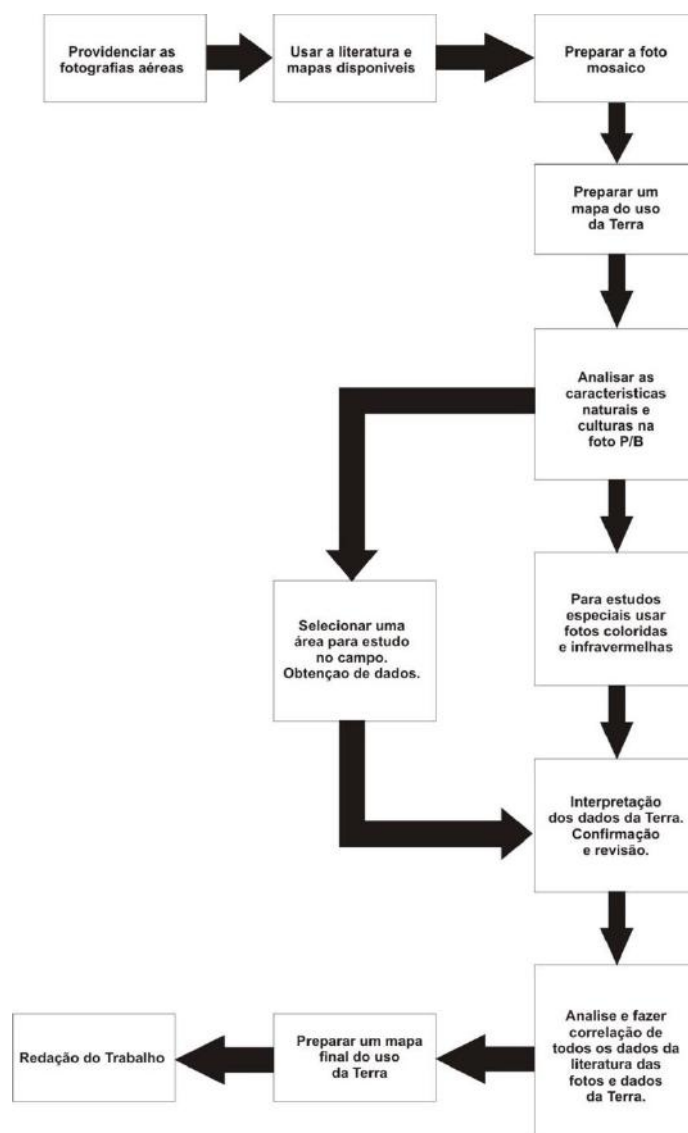
Fonte: Intimagem.pdf, (2017).

Outra fonte de informação que serviu para o enriquecimento do trabalho foi uma busca de informações no site do INPE o qual tem total autoridade de informações sobre SIG no Brasil inteiro com um acervo de fonte de pesquisas relacionadas com o assunto.

A COOPACNE teve sua contribuição com relação a disponibilização de mapas existentes em seu banco de dados que veio a propiciar uma maior detalhamento e aumento de recursos através do ARCGIS

A partir de arquivos obtidos por informações de imagens de satélites através do processo de aerofotogrametria foram extraídos informações e relatos de sua significação através de estereogramas (Delmar A. B. Marchetti-Gilveberto J. Garcia). Esta interpretação é feita a partir do espectro de alguns tipos de Bandas de imagens as quais dão informações pertinentes a áreas como cursos de águas, espelho dos mananciais, a geologia, cobertura vegetal existente, etc. Outra fonte de dados que também foi importante e capaz de fornecer mais informações foi através da carta da SUDENE folha SB. 25-Y-AVI com escala de 1: 100.000. Podemos compreender melhor a partir deste organograma a forma da montagem das técnicas para poder se fazer uma investigação da superfície terrestre (Figura 1).

**Figura 1:** técnica de investigação da superfície terrestre.



Fonte: Autores (2022).

Foi necessário uma pré-análise da formação dos aspectos físicos territoriais os quais foram úteis para a compreensão de uma série de características como: o estudo Geológico, Capacidade de Uso, Geomorfologia, Solos, Terras Irrigáveis e o de Uso e Cobertura Vegetal.

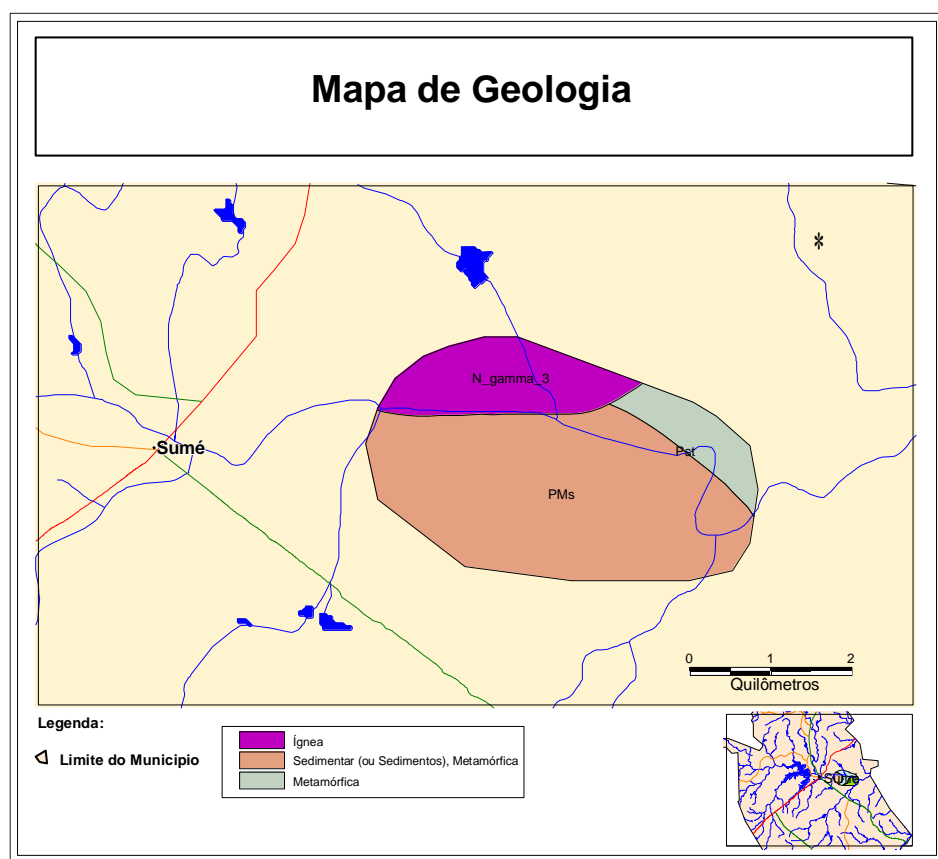
O software utilizado para a montagem e geração dos mapas temáticos foi o Mapinfo ferramenta a qual utiliza as formas vetoriais de forma georreferenciada fazendo uma correlação com um sistema de banco de dados.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Mapa de geologia

A descrição geológica foi baseada no Mapa Geológico do Estado da Paraíba (CDRM, 1982), escala 1:500.000. A geologia está assim representada Figura 2.

**Figura 2:** Mapa Geológico do Estado da Paraíba.



Fonte: Autores (2019).

**N\_gamma\_3 – Rochas Granitóides** - com idade geológica pré-cambriano indiviso.

Segundo Dantas et. al., (1982), as rochas granitóides relacionadas ao Pré-Cambriano Indiviso ocorrem encaixadas no Complexo Gnáissico-Migmatítico mostrando, na maior parte das vezes, um contato gradativo com as encaixantes e sendo constituídas de corpos elipsoidais e de formas irregulares de dimensões variadas.

Nos quadrantes NE e NW do Estado, nas regiões situadas ao norte do Lineamento Patos (Ebert, 1962), predominam granitos e granodioritos grosseiros e porfiróides, contendo no seu interior zonas de granitos finos a médios equigranulares e zonas de migmatitos de estrutura nebulítica e anatexítica, principalmente nas bordas (Medeiros Lima et al., 1980). Ao sul, os

corpos granitóides apresentam aspectos lenticular e se dispõem segundo a direção E-W, concordantemente com os traços da foliação e com as grandes falhas regionais (Oliveira 2013).

O Grupo Sudeste da Área, caracterizado pelos batólitos de Jabitacá e Mulungú, localizados a oeste de Monteiro, na zona limítrofe com Pernambuco e estruturados, provavelmente, em falhamentos inversos, acavalados sobre os gnaisses e migmatitos. Predominam os granitos róseos porfiróides, entretanto, em alguns locais, observam-se granitos de anatexia.

**PMs – Complexo Gnáissico-migmático** - rochas Granitoides com idade geológica pré-cambriano indiviso.

Este complexo compreende os grupos S. Vicente, Caicó e Uauá, definidos por Ferreira e Albuquerque (1969), Ebert (1970) e Barbosa et al., (1970), respectivamente, e constitui-se na unidade Pré-Cambriana de maior representatividade, estendendo-se por todos os quadrantes do Estado da Paraíba, ora sendo interrompida pelos grandes maciços granitóides e pelas faixas metassedimentares que constituem os grupos Seridó (e unidades correlatas) e Cachoeirinha, ora sendo recoberta pelos sedimentos constituintes da Bacia do Rio do Peixe e Faixa Costeira Pernambuco/Paraíba.

Nos quadrantes NE e NW do Estado, Medeiros Lima et al. (1980) consideraram como pertencentes a este complexo toda a seqüência rochosa que serve de assoalho para os metamorfismos do Grupo Seridó.

**Pst – Complexo magmático-granitoide** - rochas Granitóides com idade geológica pré-cambriano indiviso.

Ocorre restritamente no sul do Estado da Paraíba, na região situada a sudeste de S. Sebastião do Umbuzeiro (nos limites com Pernambuco). O tipo litológico mais frequente é o migmatito nebulítico, ocorrendo ainda, em menor escala, migmatitos e oftálmicos, diadísíticos e flebíticos, todos de um modo geral com paleossoma rico em biotita e neossoma de natureza granítica, muitas vezes contendo pórfiros de feldspato. É comum a presença de corpos graníticos inclusos neles e de difícil separação (Dantas et. al., 1982).

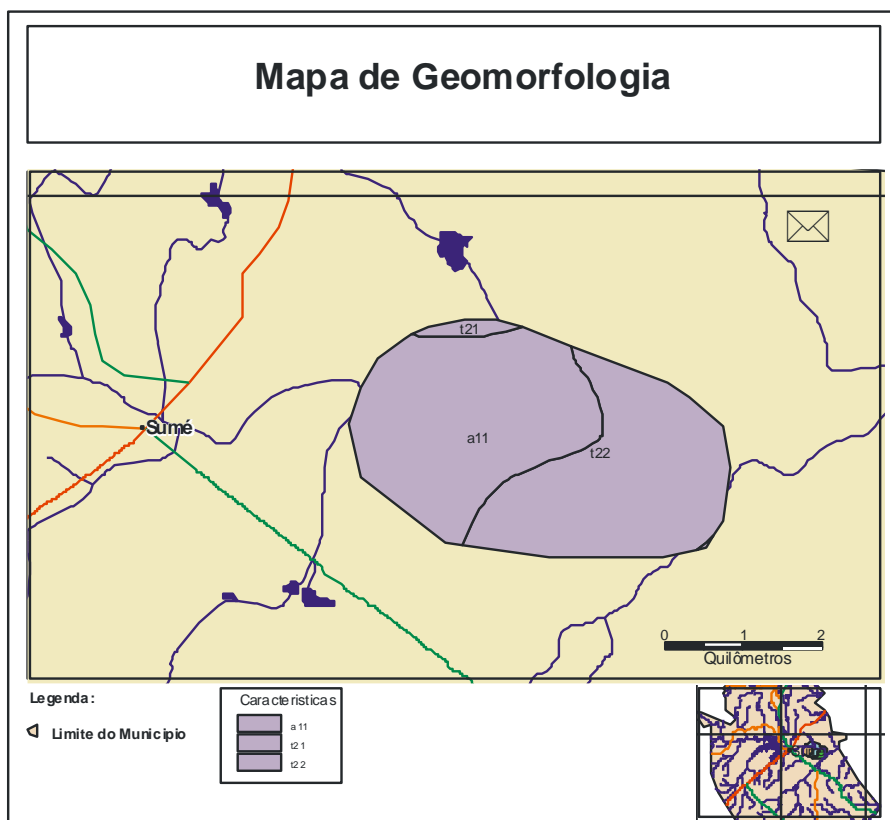
#### **4.2 Mapa de geomorfologia**

A geomorfologia foi descrita com base no Mapa Geomorfológico do Estado da Paraíba (1981), de acordo com as Cartas Topográficas do Município, estando inserido totalmente no Planalto da Borborema, e constituído por duas unidades distintas: Formas Tabulares, Formas Aguçadas (Brasil, 1981).

O Planalto da Borborema, que compreende a encosta oriental, onde se identifica ao sul de Campina Grande, estendendo-se até o vale do Capibaribe no Estado de Pernambuco, altitudes que variam de cerca de 400 metros e alcançam cotas próximas a 800 metros, com superfície inclinada de modo suave para leste. Ao norte da cidade de Campina Grande, a morfologia ainda é intensamente dissecada. Verifica-se a ocorrência de alinhamentos de cristas inseridas nos setores colinosos ao lado de espigões que se projetam para leste. Observam-se restos de superfície conservada com topos planos limitadas por escarpas (Et), e eventualmente capeados por rochas sedimentares da Formação Serra dos Martins, a exemplo da serra de Cuité.

Rodriguez (1997) afirma que o conjunto geomorfológico, formado pela superfície elevada aplainada da Borborema, configura uma ampla área planáltica, englobando as regiões conhecidas como Agreste, Cariri e Seridó. A principal característica do relevo é dada pela sua movimentação bastante acentuada, com predominância de áreas bastante íngremes, o que tem de certa forma limitado o uso agrícola e/ou conduzido à exploração das encostas, ocasionando a degradação da cobertura vegetal, a qual tem dado espaço ao plantio, principalmente de frutíferas (Figura 3).

**Figura 3:** Mapa Geomorfologia.



Fonte: Autores (2019).

Na Figura 3 Planalto da Borborema com formas tabulares que são relevos de topo plano, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados geralmente por vales de fundo plano. Apresentando altitudes medias de:

21- altitudes: □ 250 e □ 750 metros – aprofundamento de drenagem – muito fraca

22 - altitudes: □ 250 e □ 750 metros – aprofundamento de drenagem – fraca

Planalto da Borborema com formas aguçadas que são relevos de topo contínuo e aguçado, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados geralmente por vales em "V", apresentando altitude media dê:

11 - altitudes: □ 250 metros – aprofundamento de drenagem – muito fraca

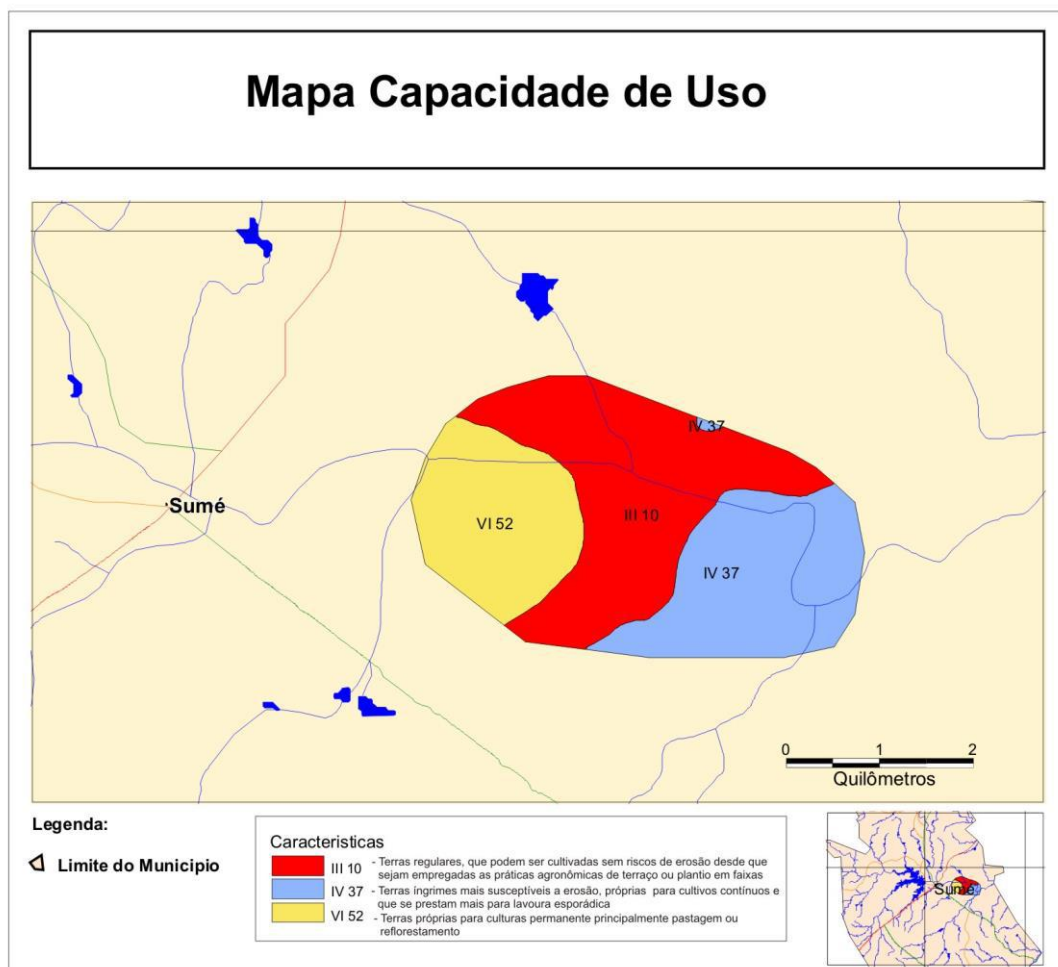
Assim foi possível notar que os dois tem forma de dissecação que significa que a erosão tem maior energia e pode trabalhar intensamente sobre o relevo, enquanto o relevo conservado, denota traços onde a erosão age menor intensidade.

Desta forma foi detectado também que as formas aguçadas apresentam altitudes menores ou iguais a 250 metros, com intensidade de aprofundamento da drenagem muito fraca. No entanto, as formas tabulares apresentam intensidade de aprofundamento da drenagem variando de muito fraca a fraca.

#### 4.3 Capacidade de uso

A partir da análise do mapa temático gerado foi possível identificar 03 (três) tipos distintos de classes de solo na área de estudo que foram: Solos da Classe III (Figura 4), Solos da Classe IV e Solos Classe VI de onde segundo (Lúcio Salgado Vieira 1988) podemos relatar o seguinte como especificações técnicas e características existentes:

**Figura 4:** Solos da classe III.



Fonte: Autores (2019).

Nesta área foram diagnosticados solos com características do Grupo A com a especificação da Classe IV o qual apresenta terras íngremes mais susceptíveis a erosão, sendo estas mais apropriadas para cultivos contínuos e que se prestam mais para lavoura esporádica. Também são encontrados faixas de solo com características moderadamente boa para cultivos. Pode ser usada para culturas, mas por causa de suas restrições naturais, necessita um tratamento intensivo sob todos os aspectos.

Algumas das terras da classe III apresentam declives moderados, onde deve haver intenso cuidado para controlar a erosão, se usadas com culturas de rotação regular. Outra variação desta classe é aquela que requer movimentação da água proveniente da pobreza de drenagem que apresenta. Em algumas regiões desprovidas de água, como nas semiáridas. Pode-se dizer que apesar da umidade adquirida nesta região ser baixa, mas é considerado o bastante para brotar as culturas, muito embora requeira um cuidado muitíssimo especial. Esta classe de terras necessita de medidas complexas ou intensas para que produza boas colheitas.

Os fatores que limitam o uso desta terra são pedras ou drenagem deficiente, baixa produtividade, o que requer práticas especiais de melhoramento do solo, além de práticas comuns. Aparecem no mapa a cor Vermelha.

Desta forma foi possível ter uma boa associação que de princípio não se poderá se ter um bom aproveitamento desta área para culturas que venham a cultivadas durante um longo período de tempo.

#### **4.4 Solos de classe IV**

Outra classe de solo encontrada foi a IV que segundo ((Lúcio Salgado Vieira 1988) é uma terra relativamente boa para cultivos ocasionais, sob cuidadosa administração, porem torna-se inconveniente para a produção regular de culturas. Grande parte dela é inteiramente declivosa, o que a faz imprópria pelo perigo à erosão que oferece. Dos fatores limitantes podem ser citados o declive acentuado, erosão severa ou drenagem deficiente, obstáculos físicos tais como pedras, baixa produtividade ou qualquer outra condição que torna a terra imprópria ao cultivo regular.

Considerando de um modo geral sua qualidade, a terra pode ser cultivada de seis em seis anos. Grandes áreas encontram-se secas, com problemas de irrigação, o que torna a classe IV boa somente para a produção de pastagens. Em geral esta terra apresenta-se boa para pastos e onde a queda pluviométrica torna-se regular, para florestas.

As terras desta classe são aconselhadas para cultivos contínuos ou regulares, mas se tornam apropriadas quando adequadamente protegidas.

#### **4.5 Solos de classe VI**

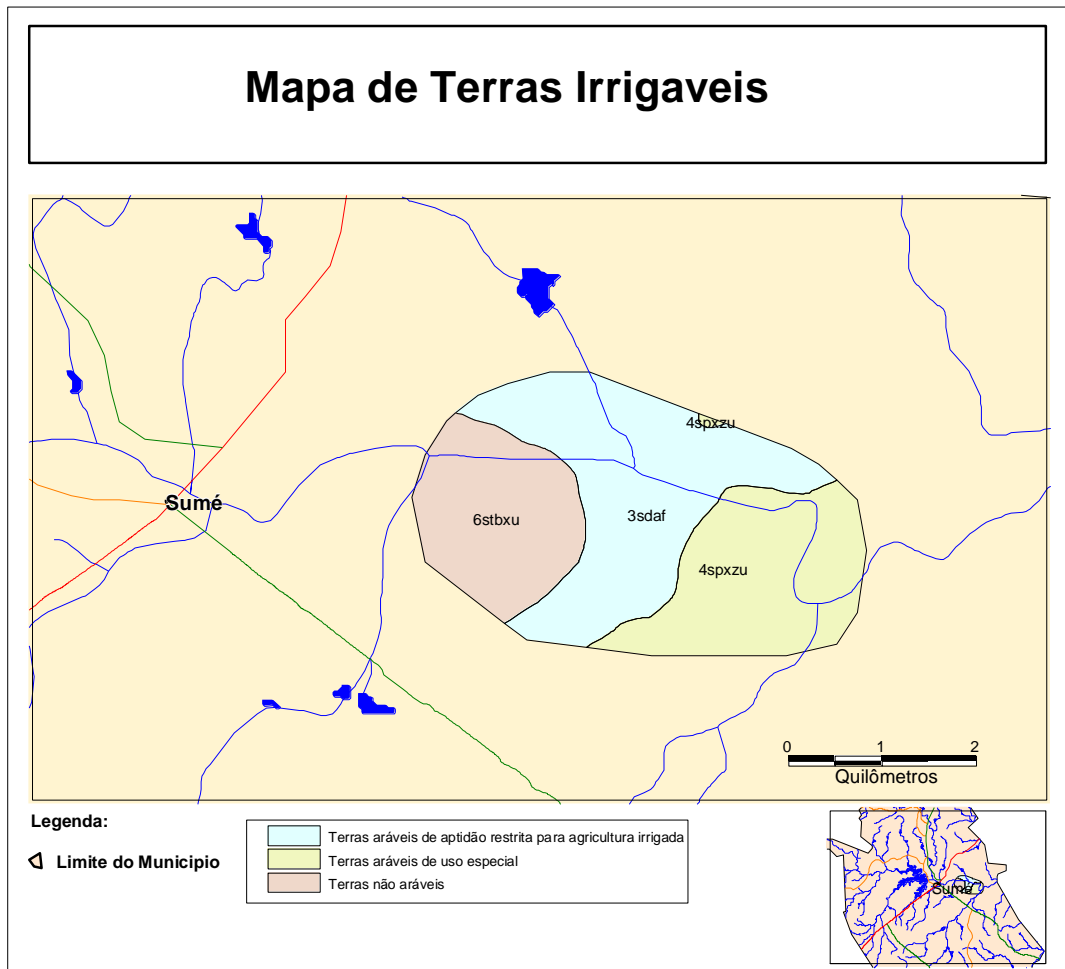
Esta é não utilizável para qualquer cultivo de ciclo curto e seu uso é limitado, de algum modo, para pastagens e florestas por características como solo pouco profundo ou declive acentuado. Quando a queda pluviométrica é favorável a produção vegetal, as limitações da classe VI são provavelmente declives acentuados e solos rasos ou excessivamente molhados que não podem ser corrigidos pela drenagem, pratica esta que permitiria seu uso com cultivos regulares.

Apresenta-se medianamente suscetível a danificação, e possui restrições moderadas em seu uso ou em sem praticas especiais. Os fatores limitantes são o relevo ondulado ou acidentado, a baixa capacidade de armazenamento de água, a umidade excessiva e a salinidade ou alcalinidade média, sendo o solo medianamente erodido e suscetível a erosão.

#### **4.6 Terras irrigáveis**

O sistema de classificação das terras para irrigação, proposta pelo “U.S. Bireau of Reclamation” em 1953 (13, 20, 53), toma por base a economia da produção. Possui 6 classes, embora o número das classes mapeadas em qualquer levantamento especifico esteja na dependência de várias condições das terras identificadas e outros requisitos ditados pelo objetivo do levantamento (Figura 5). Normalmente são consideradas quatro classes aráveis, que estão em conformidade com a sua aptidão para a agricultura irrigada, uma classe provisória e uma classe de terras não-aráveis:

**Figura 5:** Classificação do das terras irrigáveis.



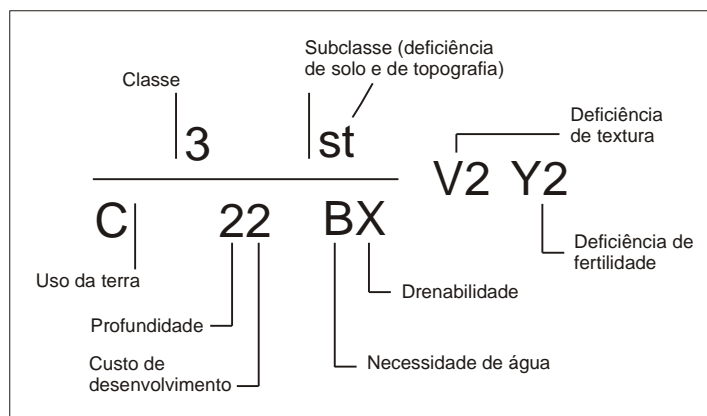
Fonte: Autores (2019).

Ao observar a Figura 4 podemos notar as seguintes: Classe 1, Classe 2, Classe 3, Classe 4, Classe 5 e Classe 6, sendo que estaremos voltando a atenção apenas para as classes encontradas na área estuda que são a Classes 3, 4 e 6.

Como forma de diferenciar e ter uma maior detalhamento sobre esta classificação existem ainda as subclasses que servem para fazer parametrizações mais incisivas e detalhadas sobre aquela área como veremos a seguir segundo (solos). Observando a (Figura 6) podemos entender melhor as subclasses.



**Figura 6:** subclasses dos solos.



Fonte: Autores (2019).

Analisando a Classe 3 foi possível verificar que esta é uma terra arável, que compreende terras com aptidão marginal para irrigação. São menos adequadas que as classe e normalmente apresentam uma limitação severa ou uma combinação de várias limitações moderadas quanto ao solo, a topografia ou a drenagem. A classificação encontrada 3sdaf, pode retratar uma terra com as seguintes características além da citadas acima que são: terras com deficiência no solo; terras com uma deficiência de drenagem; com solos de um teor de salinidade e alcalinidade; propicias apenas a drenagem superficial. Podemos dizer que como uso potencial estes solos são utilizados praticamente com culturas de subsistência, pastagem natural e artificial, horticultura e fruticultura. Apresentam boas propriedades físicas e químicas, tendo como principais limitações o excesso de umidade (inundação), durante certas épocas do ano e baixos teores de fósforo sendo ainda necessário se ter um manejo eficiente para evitar a salinização e/ou sodificação.

Em outro momento encontramos terras da Classe 4 a qual já é de uso especial, nela estão as terras adaptadas somente a um número limitado de culturas. Ex.: terras só utilizáveis com arroz, com pastagem, com frutíferas, etc. Esta classe possui capacidade de pagamento muito variável.

Classificação encontrada (4spxzu,o) que pode retratar uma terra com as seguintes características além da citadas acima que são: deficiência de permeabilidade no solo; com ausência de nivelamento; terras com alto índice de pedregulhos; além de um solo pobre, mas que para culturas de ciclo vegetativo curto ainda pode-se desenvolver algo como: feijão, milho, mandioca, etc.

E por fim em outro momento tivemos a presença de terras da Classe 6 a qual é uma terra não-arável, composta por terras não aráveis devido as condições econômicas existentes ou projetadas de acordo como os propósitos do projeto de desenvolvimento. Normalmente a Classe 6 apresenta terras declivosas, rochosas, muito arenosas, muito erodidas, com drenagem inadequada, ou outras deficiências.

Classificação encontrada (6stbxu,o) que pode retratar uma terra com as seguintes características além da citadas acima que são: Com deficiência no solo apresentando uma pequena profundidade efetiva, restringindo assim a penetração das raízes; Com deficiência de drenagem; Com topografia irregular; Com alto índice de pedregulhos e susceptível a erosão. Para as áreas de Bruno não Cálculo vértice além destes fatores limitantes, verifica-se ainda problemas relacionados com o manejo, em função da presença de argilas expansivas (2:1), estrutura prismática, moderada a fortemente desenvolvida. A reunião de todos estes fatores constituem as principais restrições ao uso com agricultura irrigada. Logo são solos praticamente utilizados com pastagens artificiais, observando-se poucos cultivos com culturas de subsistência. O aproveitamento mais adequado destes solos se prende à pecuária e ainda para exploração com culturas permanentes (fruticultura), devendo ser contida a erosão

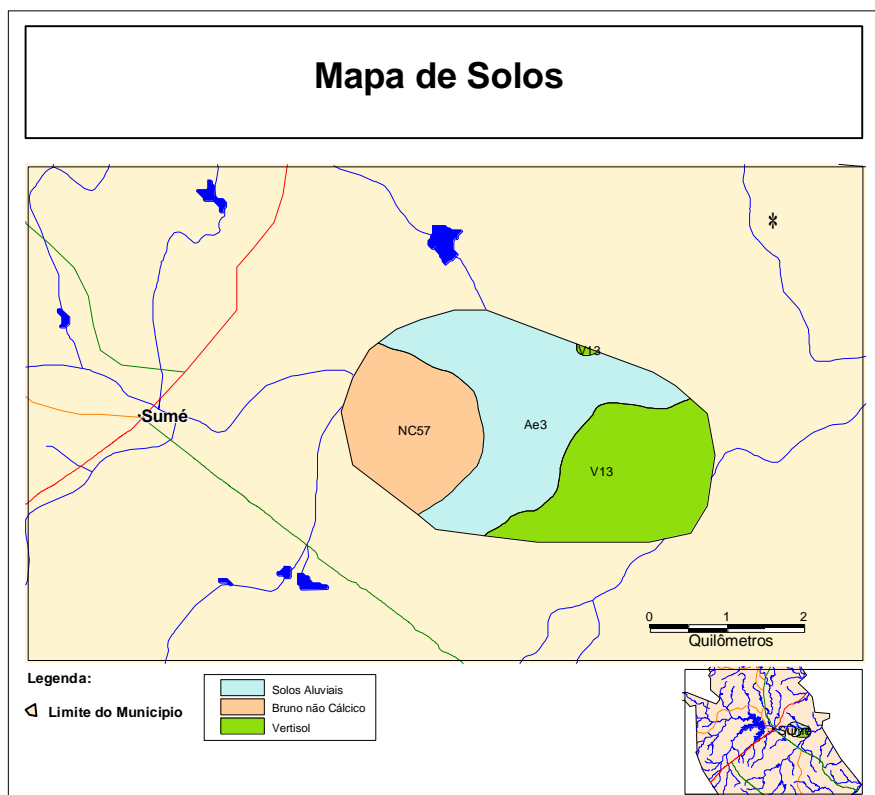
#### 4.7 Mapa de solos

Em seguida foi analisado o mapa de solos, que é uma descrição das classes de solo identificadas e suas respectivas fases resultou de um estudo criterioso realizado na área, através do um levantamento em campo e do reconhecimento dos componentes ambientais tais como: relevo, geologia, vegetação e uso atual das terras, além dos trabalhos desenvolvidos por Brasil (1972), Paraíba (1978) e Santos et al (1997), observando-se sempre as normas estabelecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa dos Solos – CNPS da EMBRAPA (1996). Com base nesses critérios, as classes de solos foram identificadas em função das seguintes características: saturação de bases, atividade de argila, sodicidade, textura e tipo de horizonte A.

Os solos identificados na área estuda no Município de Sumé constam no Mapa Semidetalhado de Solos, feito referência no que diz respeito aos tipos existentes, o seu estado de conservação e principais problemas de degradação.

Os solos identificados na área estuda foram os descritos a seguir, Figura 7: - Solos Bruno não Cálcio; - Solos Aluviais; Solos Vertisol.

**Figura 7:** Solos Bruno e não Cálcio.



Fonte: Autores (2019).

Observando a Figura 6, foi encontrado uma presença quantitativa relativa deste tipo de solo na área estudada o qual compreende solos com as seguintes características segundo (Lúcio Salgado Vieira, 1988):

B textural, não hidromórficos, com sequência de horizontes A1, Bt, C, relativamente rasos, bem drenados com A fraco, que se apresentam duro a muito duro quando seco, estrutura maciça ou em blocos fracamente desenvolvidas (10,25) e com coloração clara constante com o horizonte Bt avermelhado.

São solos avermelhados, moderadamente ácidos e praticamente neutros, que apresentam argilas e atividade alta, normalmente superior a 40 meq/100g de argila (após correção para carbono) alta saturação com bases, alta soma de bases tocáveis

e frequentes fendas entre os agregados estruturais do horizonte B. O horizonte B predominantemente argiloso raramente pode apresentar textura média; possui estrutura em blocos angulares e subangulares recobertos por fraca cerosidade.

É característico destes solos apresentarem pavimento desértico constituído por calhaus e matações de quartzo rolado desarestados e semidesaprestados, espalhados sobre o solo; crosta maciça e laminar pouco espessa de solos desérticos com pH próximo a 7,0 atribuídos ao retorno das bases à superfície do solo.

Ocorrem em áreas de relevo suave ondulado, ondulado e por vezes montanhosos, sobre materiais do Pré-Cambriano e do Devoniano médio (Nordeste brasileiro). O clima onde aparecem é predominantemente semi-árido, e a cobertura vegetal (encontrada no Nordeste) é predominantemente de caatinga hiperxerófila. Figuram como primeiro componente da associação a classe NC57 que é um Bruno não calcico vértico, com A fraco, textura média, fase pedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado e ondulado, substrato gnaisse e granito + AFLORAMENTOS DE ROCHA.

#### 4.8 Solos Aluviais

Podemos falar que segundo (Lúcio Salgado Vieira, 1988) os solos aluviais são solos evoluídos, moderadamente a bem degradados, algumas vezes mal drenados, pouco profundos a profundos, argilosos, silte-argilosos ou de textura média, amarelados, avermelhados ou acinzentados, moderadamente a mal intemperizados, sem diferenciação aparente de horizontes (aparecem camadas) e desprovidos de horizontes subsuperficiais de acumulação de argila. Podem apresentar propriedades muito variáveis dado ao seu desenvolvimento sobre sedimentos aluviais e por se apresentarem pouco evoluídos.

Encontra-se ao longo dos rios, em várzeas ou terraços formados por sedimentos recentes ou sub-recentes e incluem somente os solos que venham sofrendo inundações periódicas ou que estiverem até recentemente sujeitos a inundações. Não incluem os solos desenvolvidos sobre depósitos aluviais antigos, que estejam refletindo as ações do clima e da vegetação. Por se tratarem de solos jovens não apresentam desenvolvimento de perfil e diferenciação de horizontes

De uma maneira geral os aluviões do curso superior dos rios são de textura mais grosseira e contêm mais minerais do que aqueles formados no curso inferior. Figuram como primeiro componente da associação Ae3. os seguintes solos aluviais eutrofos Ta, textura indiscriminada, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano.

Principais inclusões: SOLONCHAK SOLODIZADO Ta, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano. SOLONETZ SOLODIZADO Ta, com A fraco, textura indiscriminada, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano.

#### 4.9 Vertisol

Outro tipo de solo bastante presente nesta área foi o Vertissolos os quais tem as seguintes características. Segundo (Lúcio Salgado Vieira, 1983), São solos minerais de textura argilosa, com mais de 35% de argila de retículo expansivo, normalmente escuros, que se contraem durante a estação seca e se expandem por ocasião da época chuvosa, devido a presença de argila do grupo da montmorilonita (2:1). Dessa maneira, há aparecimento de fendas, muitas vezes profundas e largas, que se fecham quando o solo encontra-se molhado por ocasião da estação chuvosa. Por sua vez, o tipo de argila nele encontrado, pelo fenômeno de contração e expansão, proporciona a formação de um microrelevo denominado gilgai, constituído por microbacias e pequenas partes salientes e pelas pressões, decorrentes da expansão, há formação de superfícies de fricção (escorregamentos de argila), abaixo do horizonte superficial, que são lustrosas, alisadas, estriadas e inclinadas em relação ao prumo do perfil. Apresenta, também, cerosidade de fraca a moderada recobrimdo os blocos estruturais.

Possui alta saturação e soma de bases, onde se destacam o cálcio e o magnésio, bem como elevada capacidade de troca catiônica em virtude de grande quantidade de argila 2:1. São moderadamente profundos a profundos, imperfeitamente drenados e com permeabilidade lenta a muito lenta.

Os Vertissolos normalmente ocorrem em áreas planas ou suave ondulados, sob vegetação de campos, caatinga e floresta caducifólia, derivadas de argilitos e folhetos calcários, rochas básicas ou outras ricas em bases. Figuram como primeiro componente da associação V13. Indiscriminada, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano, o qual é associado de vertissolo com A moderado, fase pedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + BRUNO NÃO CÁLCICO vértice, com A fraco, textura argilosa, fase pedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado e ondulado, substrato gnaisse e granito.

## 5. Conclusão

Desta maneira a partir do estudo foi possível verificar através dos mapas de Capacidade de Uso agrícola e de Terras Irrigáveis que a aptidão encontrada para a área piloto pode ser passível na sua grande maioria de solos com características para serem exploradas por culturas perenes, pastagens ou florestamento, sendo ainda necessário haver toda uma preocupação com seu manejo por se tratarem também de uma área com solos rasos. Também foi possível verificar a boa funcionalidade do Mapinfo para constatar através dos seus módulos para georreferenciamento, classificação digital e geração do modelo temático a capacidade de se ter uma maior rapidez e uma maior confiabilidade sem ser necessário ter gastos muito onerosos em uma análise prévia.

## Referências

- Amorim, R. S. S.; Griebeler, N. P.; Gonçalves, F. A. *Comparação de métodos de interpolação para espacialização de dados climáticos*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA A AVERY, T. E.; BERLIN, G. L. *Fundamentals of Remote Sensing and GRÍCOLA*, 2003, Goiânia, GO. Anais... Goiânia: SBEA, 2003. CD-ROM
- Bursztyn, M. (2020). Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas. *Estudos Avançados*, 34, 167-186.
- Beltrame, L. F. S.; Louzada, J. A. S.; Lanna, A. E. L. *Evapotranspiração potencial do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 1994. 49 p. (*Recursos hídricos*, 31).
- Blanc, P.; Blus, T.; Ranchin, T.; Wald, L.; Alois, R. (1998). Using iterated rational filter banks within the ARSIS concepts for producing 10 m Landsat multispectral images. *International Journal of Remote Sensing*, Basingstoke, v.19, n.12, p.2.331-43.
- Câmara, G.; Davis, C. Apresentação. In: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A.M.V. (Org.). (2002) *Introdução à ciência da geoinformação*. Cap. 1.
- Carper, W.J.; Lillesand, T.M.; Kiefer, R.W. (1990). *The use of intensity-hue-saturation transformations for merging SPOT panchromatic and multispectral image data*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Falls Church, v.56, n.4, p.459-67.
- Castanho, R.B.; Bezzi, M.L.; Cassol, R. (2005). Geoprocessamento x planejamento físico territorial: o caso do distrito de São Bento (Palmeiras das Missões/RS). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005 p.21943-1950.
- Chung, H. W.; Choi, J. Y.; Bae, S. J. (1997). Calculation of spatial distribution of potential evapotranspiration using GIS. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, Minneapolis, Minnesota. Paper... Minneapolis: American Society of Agricultural Engineers, 1997. 9 p.
- Cooper, M.; MendeS, L.M.S.; Silva, W.L.C. & Sparovek, G. (2005). A national soil profile database for Brazil available to international scientists. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 69:649-652.
- Collins, P. H. (2019). *Pensamento feminista negro: conhecimento, consciência e a política do empoderamento*. Boitempo Editorial.
- Costa, D.T.M.A.; Argento, M.S.F.; Reis, C.H. (2005). *Caracterização do uso da terra da Bacia de Sepetiba com vistas a subsidiar projetos de gestão ambiental em âmbito municipal*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005. p.2129-2136.
- Curi, N.; Franzmeier, D.P. Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. *Soil Science Society American Journal*, v.48, p.341-346, 1984.
- Dutra, G.C. (2005). *Estratificação ambiental visando à recuperação da vegetação ciliar no entorno do lago da Usina Hidrelétrica do Funil, em Minas Gerais*. 111p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- Enderen, J.L. Van. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. *International Journal of Remote Sensing*, Basingstoke, v.19, n.4, p.823-54, 19 POLITANO, W.; CORSINI, P.C.; VASQUES, J.G. Ocupação do solo no município de Jaboticabal - SP. *Científica*, São Paulo, v.8, n.1/2, p.27-34, 198098.
- Ferreira, V. M. et al. (2005). The erosive process in Nazareno, Minas Gerais State, Brazil: a New approach to understand soil degradatin. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LAND DEGRADATION AND MEETING OF THE IUSS SUBCOMMISSION C. SOIL AND WATER CONSERVATION, 3., 2001, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: EMBRAPA & SBCS. 1CD-ROM.

- Fernandes Filho, A. (2017). *Geoprocessamento aplicado à criação de mapa de suscetibilidade aos movimentos de massa: o caso do morro do bairro de Mãe Luíza* (Bachelor's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).
- Fonseca, F. P., & Oliva, J. (2013). Cartografia. *Editora Melhoramentos*.
- Florinsky, I. V.; Kuryakova, G.A. (1996) Influence of topography on some vegetation cover properties. *Catena*, Amsterdam, v.27, p.123-141.
- França, G.V. de; Dematte, J.A.M. (1993). Levantamento de solos e interpretação fotográfica dos padrões desenvolvidos em solos originados do arenito de Bauru. *Science Agricultural, Piracicaba*, v.50, n.1, p.77-86,
- Freitas Filho, M.R.; Medeiros, J.S. (1993) Análise multitemporal da cobertura vegetal em parte da Chapada do Araripe- CE, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. p.73-80.
- Furtado, L. P. (2017). *Proposta de método para identificação e caracterização de criação de valor em cenários Big Data*.
- Galeti, P.A. (1989). *Conservação do solo-reflorestamento-clima. Campinas:Instituto Campineiro de Ensino Agrícola*. 286p.
- Giarola, N.F.B. (1994). Levantamento pedológico, perdas de solo e aptidão agrícola das terras na região sob influência do Reservatório de Itutinga/Camargos (MG). Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.
- Gomes, D.C.H. et al. (2004). Levantamento de solos como subsídio ao diagnóstico sócio-ambiental: A bacia do ribeirão das Anhumas, Campinas (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 6.Goiânia. Textos.
- Guimarães, R.F., Baptista, G.M., Júnior, O.A.C. (1995). IDRISI: Um sistema acessível. *Fator Gis: A Revista do Geoprocessamento*, Curitiba, n. 9..
- Hashmi, M. A.; Garcia, L. A.; Fontane, D. G. (1995). Spatial estimation of regional crop evapotranspiration. *Transaction of the ASAE, Saint Joseph*, v. 38, n. 5, p. 1345-1351.
- Horta, I. D. M. F., Pereira, J. A. A., Marques, J. J., & Carvalho, L. M. T. D. (2009). Digital reconnaissance soil survey of Nazareno, state of Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(SPE), 1940-1947.
- Lillesand, T.M.; Kiefer, R.W. (2000). *Remote sensing and imageinterpretation*. 4.ed. New York: J. Wiley. 724p.
- Wachholz, F.; Pereira F., W. (2003). Mapeamento do uso da terra na bacia hidrográfica do Arroio Barriga - RS, utilizando o sensoriamento remoto. In: JORNADA DA EDUCAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO NO ÂMBITO DO MERCOSUL, 4.,2004, São Leopoldo. Anais... São Leopoldo, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2004. SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos: RIMA,140p.
- Mamed, D. D. O., Marchesan, J., & Bazzanella, S. L. (2020). *Natureza e desenvolvimento: questões para uma sociedade sustentável*. Natureza e desenvolvimento: questões para uma sociedade sustentável / organizado por Danielle de Ouro Mamed, Jairo Marchesan, Sandro Luiz Bazzanella. - São Paulo, SP : Editora Liber Ars,
- Maillard, P. (2001). *Introdução ao processamento digital de imagens. Belo Horizonte: UFMG/IGC*.
- Meneses, P. R. Fundamentos de Radiometria Óptica Espectral. In: Meneses, P. R.; Miller, R.W. & Donahue, R.L.( 1990). *Soils: an introduction to soils and plant growth*. 6.ed. *Englewood Cliffs*, Prentice Hall. 768p.
- Moreira, M.A. (2003). Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 2.ed. *Viçosa, MG: UFV*. 307p.
- Netto, J. S. M. (2001). *Sensoriamento Remoto: Reflectância dos alvos naturais. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados*.
- Novo, E.M.L de M. (1992). Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 2.ed.*São Paulo: E. Blucher*. 308p.
- Nunez, J.; Xavier, O.; Octavi, F.; Albert, P.; Vicenc, P.; Roman, A. (1999). Multiresolution - based imaged fusion with additive wavelet decomposition. *IEEE Transaction Geoscience Remote Sensing, New York*, v.37, n.3, p.1.204-11.
- Oliveira, É. H. D. (2013). *A utilização das geotecnologias no ensino de Geografia*.
- Pellegrino, G. Q.; Pinto, H. S.; Zullo júnior, J.; Brunini, O. (1998). O uso de sistemas de informações geográficas no mapeamento de informações agrometeorológicas. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. *Sistemas de informações geográficas aplicações na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC..
- Pereira, M.N.; Kurkdjian, M.L.N.O. de; Foresti, C. Cobertura e uso da terra através de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*, 1989. 118 p.
- Pereira, J.C.; Oliveira, G.C.; Mesquita, M.G.B.F. *Controle da erosão em terras não cultivadas. Informe Agropecuário. Belo Horizonte: v.16, n.176,p.69-72, 1992*
- Pohl, C.; G Piroli, E.L. Geoprocessamento. Disponível em: <[http://www.piroli.hpg.ig.com.br/Ciencia\\_e\\_Educacao/1/interna\\_hpg1.html](http://www.piroli.hpg.ig.com.br/Ciencia_e_Educacao/1/interna_hpg1.html)>Acesso em: 4 julho, 2009.
- Resende, M. et al. (2000). *Pedologia: base para a distinção de ambientes*. 4.ed.Viçosa: NEPUT. 338p.

- Rezende, A.C.P. (2000). Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao Sistema Brasileiro de Previsão de Safras. 2000. 98 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Röhm, S.A., Calijuri, M.L., (1994). *Sistemas de informações geográficas*. Viçosa: Imprensa Universitária da FV. 34 p.
- Ribeiro, M. A., Albuquerque, I. M. A. N., de Paiva, G. M., Vasconcelos, J. D. P. C., Araújo, M. A. V. F., & Vasconcelos, M. I. O. (2014). Georreferenciamento: ferramenta de análise do sistema de saúde de Sobral-Ceará. *SANARE-Revista de Políticas Públicas*, 13(2).
- Sartori, A. A. D. C. (2010). *Análise multicritérios na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais*.
- Santos, M.L.M.; Mattos, M.M.; Pires, I.O.; Brown, I.F.; Assis, W.S. (1993). Utilização de imagens de satélite no mapeamento preliminar do uso da terra e na capacitação de agricultores do médio Rio Capim - Paragominas - PA, Brasil. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 7., 1993, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 15 p.
- Silva, A.C. (1978) *Relação entre voçorocas e solos na região de Lavras (MG)*.1990. 124p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)- Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG VIEIRA, N.M. Estudo geomorfológico das voçorocas de Franca - SP. 1978. 225 f. Tese (Doutorado em História) - Instituto de História e Serviço Social, Universidade Estadual Paulista, Franca.
- Singo, F. (2018). *Tecnologias emergentes*.
- SOUSA, W. G. D. (2017). *Análise de parâmetros físico-químicos do rio Pedra Comprida na zona urbana do município de Sumé-PB*.
- Silva, C. C. (2017). Representação social do trabalho de catação de material reciclável: *catadores e catadoras do lixão de Furna da Onça, Esperantina (PI)*.
- Trindade, L. D. L. (2016). *Gestão Integrada de Recursos Hídricos: papel, potencialidades e limitações dos comitês de bacias hidrográficas*.
- TSO, B.; Mather, P.M. (2001). *Classification methods for remotely sensed data*. New York: Taylor and Francis. 332p.
- TU, T.; SU, S.; Shyu, H.; Huang, P.S. (2001). Efficient intensity-hue-saturation-based image fusion with saturation compensation. *Optical Engineering*, Redondo Beach, v.40, n.5, p.720-8.