

SUSCEPTIBILIDADE AMBIENTAL A SALINIZAÇÃO DAS TERRAS EM MUNICÍPIOS DA MICRORREGIÃO DE PETROLINA - PERNAMBUCO - BRASIL

Francelita Coelho Castro
Graduada em Geografia
UPE – Campus Petrolina
francelitacastro@gmail.com

Antonio Marcos dos Santos
Doutor em Geografia
UPE – Campus Petrolina
geo_fisica@yahoo.com.br

RESUMO

A salinização é o processo de acúmulo de sais solúveis nos solos proporcionados pelas ações humanas no tocante das práticas de uso dos solos, assim como, provocados por processos naturais. O problema provoca redução da capacidade de produção agrícola de centenas de hectares de terras, principalmente nas regiões semiáridas e áridas, incluído parte das terras localizadas no nordeste brasileiro. Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo apresentar o mapeamento da susceptibilidade a salinização dos solos em cinco municípios da microrregião de Petrolina, semiárido do estado de Pernambuco. Para realização do estudo foram necessárias análises dos papéis dos atributos relevo, práticas de usos e ocupação das terras e os condicionantes dos solos referentes às susceptibilidades de salinização dos solos. Após as análises individuais os atributos foram cruzados com apoio das ferramentas geotecnológicas para confecção da carta de susceptibilidade a salinização. Os resultados apontam que os municípios estudados apresentam, em sua grande maioria, de média a alta susceptibilidade a salinização, constatação que requer cuidados especiais e políticas públicas para implantação de manejo adequado a realidade local.

Palavras-chave: Degradação; Mapeamento; Semiárido.

ENVIRONMENTAL SUSCEPTIBILITY TO SALINISATION OF LAND IN CITIES OF PETROLINA REGION - PERNAMBUCO - BRAZIL

ABSTRACT

Salinization is the accumulation process of soluble salts in the soil provided by human actions in terms of land use practices, as well as caused by natural processes. The problem causes reduced output capacity of hundreds of hectares of land, especially in semi-arid and arid regions, including part of the land located in northeastern Brazil. In this context, the objective of this paper is to present the mapping of soil salinization susceptibility in five cities of the region of Petrolina, semiarid state of Pernambuco. To conduct the study were required analysis of the roles of attributes: relief; use practices and occupation of land and soil conditions relating to salinization susceptibilities of them. After the individual analyzes the attributes were crossed with the support of geoprocessing tools for tailoring salinization susceptibility map. The results show that the cities studied have medium to high susceptibility to salinization, finding that requires special care and public policies to implement appropriate management to local reality.

Keywords: Degradation; Mapping; Semiarid.

Recebido em 27/03/2015
Aprovado para publicação em 06/10/2015

INTRODUÇÃO

As agressões ao meio ambiente, infelizmente, é algo comum em todas as partes do mundo onde há presença dos seres humanos, e ainda existem áreas em que as características do clima, relevo dentre outras de cunho natural favorecem de forma importantíssima para que ocorram destruições ainda mais graves.

A salinização, por exemplo, é um processo de degradação dos solos que causa a infertilidade dos mesmos e, dependendo do estágio de desenvolvimento pode-se tornar irreversível. Tal degradação é compreendida como a concentração de sais solúveis na solução do solo que resulta na formação dos solos salinos impróprios para produção agrícola. A concentração pode ser decorrente das ações antrópicas e/ou características naturais das regiões atingidas. A referida concentração são de sais mais solúveis que o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), cuja solubilidade é de 2,41 gL⁻¹, nos horizontes ou camadas dos solos. Os excessos de sais provocam dificuldades das plantas em remover do solo a água que necessitam para seu ciclo de vida provocando raquitismo, necrose no tecido fotossintético entre outros problemas, os quais reduzem a produtividade agrícola (TÓTH; MONTANARELLA e RUSCO, 2008; RIBEIRO, 2010; FALASCA; ULBERICH e ACEVEDO, 2014).

Diversos motivos levam a salinização de uma determinada área, podem-se destacar alguns fatores naturais como: transporte de sedimentos com sais de áreas salinizadas para locais mais baixos; transporte de sais originários de depósitos fósseis de sais que foram sedimentados em épocas passadas e que com o encontro com a água subterrânea se deslocam horizontalmente até aflorar em regiões mais baixas e planas, são os denominados afloramentos salinos; entre outros motivos (RIBEIRO, 2010; BRADY e WEIL, 2012).

No entanto, não são apenas os processos físico-naturais que causam a salinização dos solos, acrescentam-se as ações humanas que auxiliam de forma direta no referido processo. Vale destacar duas práticas direcionadas as atividades humanas. A primeira refere-se à adição de sais através do uso, nas práticas agrícolas, da água com médios e altos teores de sais, os quais acabam sendo depositados nos solos. A segunda está atrelada ao acúmulo da água empregada na agricultura irrigada em áreas onde não há trabalho de drenagem eficiente, conseqüentemente, a água acumulada favorece a ascensão dos sais armazenados nas camadas não superficiais dos solos (BRASILEIRO, 2009; PISINARAS *et al.*, 2010; KANZARI, *et al.*, 2012).

A salinização já atinge de forma contundente a produção agrícola em variados continentes. Em avaliação realizada pela Agência Europeia do Ambiente, em países europeus, foram detectados cerca de 16 milhões de hectares salinizados, e de acordo com a mesma fonte aproximadamente 25% das terras de produção irrigada do Mediterrâneo estão afetadas por salinização que vai desde índices moderados a índices compreendidos como elevados (LANNETTA e COLONNA, 2008). Preocupação semelhante encontrada na Tunísia e na Grécia. No primeiro país o uso da água com teores de sais vem provocando a salinização de boa parte dos solos agricultáveis e contaminação dos aquíferos locais (KANZARI *et al.*, 2012). Na Grécia os problemas são semelhantes devido à deficiência de drenagem das áreas irrigadas, lençóis freáticos rasos atrelados as grandes concentrações de sais nas águas e a baixa precipitação junto com as altas taxas de evaporação (GKIOUGKIS *et al.*, 2014).

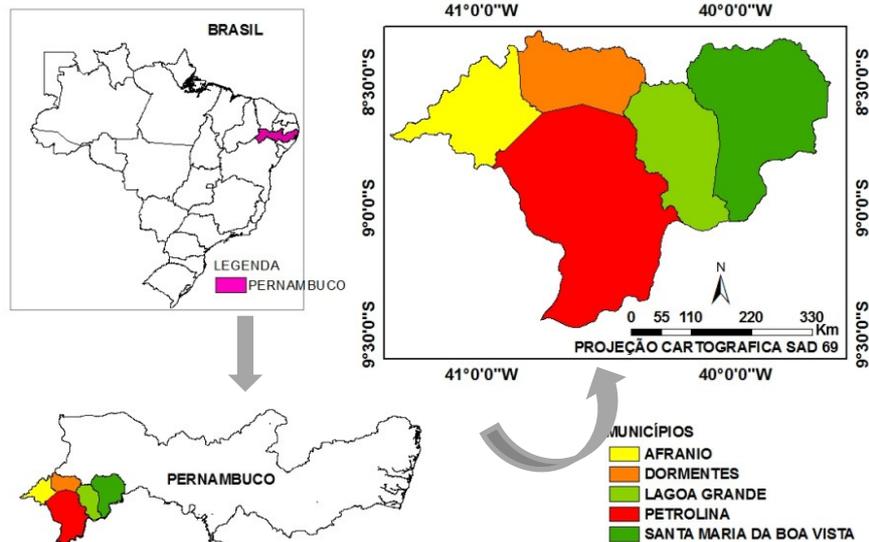
No semiárido brasileiro a situação não é diferente. De acordo com a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF, 2011) e Castro e Santos (2013) partes das terras localizadas no Vale do São Francisco, entre os Estados de Pernambuco e Bahia encontram-se em processo de salinização acometendo perdas agrícolas nas mais diferentes escalas de produção.

Diante do apresentado, mapear e identificar às áreas mais susceptíveis a salinização torna-se um subsídio imprescindível no processo de tomada de decisão direcionado ao manejo dos solos em regiões semiáridas e áridas. Neste contexto, o presente estudo visa mapear as áreas suscetíveis à salinização das terras de cinco municípios da Microrregião de Petrolina, região semiárida do Estado de Pernambuco.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A microrregião de Petrolina está localizada no oeste do Estado de Pernambuco na região nordeste do Brasil. A área de estudo é dividida em cinco municípios Petrolina, Afrânio, Dormentes, Santa Maria da Boa Vista e Lagoa Grande (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo.



Fonte: autores, 2014 (Base de dados cartográficos: Pernambuco, 2006)

O município de Petrolina possui grande extensão territorial, cerca de 4.561,872 Km² sendo o maior município em extensão territorial entre os demais. Possui uma população média estimada em 2014 de 326.017 habitantes. Já Afrânio, município a noroeste de Petrolina, tem uma população estimada em 18.831 habitantes no ano de 2014. Dormentes município ao norte de Petrolina e a leste de Afrânio possui uma população estimada em 18.126 habitantes. Já Lagoa Grande tem aproximadamente 24.475 residentes. Enquanto que, Santa Maria da Boa Vista tem sua população estimada em 41.103 habitantes segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014).

Quanto às características físicas os municípios da microrregião de Petrolina são cobertos pela vegetação de Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia. Quanto à tipologia climática predomina o clima Tropical Semiárido, com chuvas concentradas durante o verão. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril, tendo precipitação pluviométrica média anual de 431,8mm (BELTRÃO *et al.*, 2006).

A base econômica destes municípios é a agricultura irrigada com destaque para Petrolina, Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista, com produções expressivas de manga, banana, goiaba, coco-da-baía, uva entre outros cultivos. Acrescentam-se práticas semelhantes nos demais municípios, porém, com menores produções (CODEVASF, 2011).

METODOLOGIA

Para realização do presente estudo foram necessárias três etapas de trabalho. A primeira foi concentrada na construção de três mapeamentos: um com base nos solos da região; outro com a estrutura do relevo local e, por último, o mapeamento de uso e ocupação das terras da área de estudo.

O mapa de solos foi construído com base nos dados pedológicos disponíveis pelo Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE - EMBRAPA, 2006) em formato vetorial. Com apoio dos referidos dados foram espacializadas as classes de solos presentes na área de estudo e, a partir daí, aferidas notas voltadas para susceptibilidade dos mesmos à salinização. As notas foram baseadas em consultas bibliográficas e documentais sobre as características dos solos

da região nos trabalhos de Cunha *et al.* (2008), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006), Silva, Silva e Barros (2010), Jatobá, Lins e Silva, (2014). Para isto, utilizou-se como parâmetros as características: do pH (potencial de hidrogênio); desenvolvimento dos solos (profundidade do *solum*); relação areia e argila nos horizontes e presença de sais.

Quanto aos valores das notas foi utilizado o esquema descrito no quadro 1, o qual contém as notas para cinco classes de susceptibilidade e os intervalos das notas após o cruzamento dos dados (etapa a ser discutida posteriormente).

Quadro 1. Classes e notas de susceptibilidade ambiental a salinização para cada elemento individual e para o cruzamento final.

Classes de susceptibilidade	Notas	Intervalos das notas dos cruzamentos dos mapas
Muito Alta	2	0-2
Alta	4	2,1-4
Média	6	4,1-6
Baixa	8	6,1-8
Muito Baixa	10	8,1-10

Fonte: autores, 2014.

Para análise da estrutura do relevo foi confeccionado um mapa com a declividade da área de estudo. A escolha dos intervalos das classes de declividade foi baseada no estudo da EMBRAPA (1979). Para isto, foram adquiridas quatro imagens do modelo digital de elevação obtidas pela missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e disponibilizada no Brasil pela EMBRAPA (MIRANDA, 2005). As imagens possuem cada uma 90 metros de resolução espacial e correspondem as cartas: SC-24-V-A; SC-24-V-B; SC-24-V-C e SC-24-V-D.

Após obtenção das imagens SRTM as mesmas foram mosaicadas e depois gerada a declividade do relevo com auxílios das técnicas de geoprocessamento via o programa ArcGis 9.3. Para cada classe de declividade foi aferida uma nota correspondente à susceptibilidade a salinização com base no quadro 1. Para aferição das notas foi empregado à relação do relevo com a permanência das águas em suas superfícies.

Com a utilização das classes de relevo da EMBRAPA (1979) foi elaborada a classificação da susceptibilidade a salinização levando em consideração apenas o relevo. De acordo com esse parâmetro e com base em Ribeiro (2010) foi considerado mais susceptível a salinização solos localizados nas áreas mais baixas e planas por receberem influência das áreas mais altas, a exemplo dos transportes de sedimentos com teores de sais das áreas com alta declividade para regiões baixas e planas. Outro fator está na dificuldade do escoamento das águas nas áreas de baixa declividade. Ou seja, quanto mais lento o escoamento das águas maior a possibilidade de penetração hídrica e, conseqüentemente, maior a possibilidade de acessão dos sais. Isto levando em consideração apenas o relevo.

Para confecção do mapa de uso e ocupação das terras foi empregada uma imagem de satélite oriunda do sensor *Operational Land Imager* (OLI) acoplado ao satélite Landsat 8, ponto 66 orbita 217 do mês de novembro de 2013, produto obtido do banco de dados do *U.S. Geological Survey*. Em seguida as bandas foram unidas e logo depois registrada (ajuste georreferencial) com base em 10 pontos de coordenadas geográficas da área de estudo coletados em campo com auxílio do aparelho receptor do Sistema de Posicionamento Global (GPS). O processo técnico foi realizado com suporte do *software* ArcGis 9.3.

Após o processo descrito anteriormente, a imagem foi submetida ao processo de classificação supervisionada através do método MAXVER, um dos mais populares classificadores onde o pesquisador escolhe e atribui classes aos pixels. Segundo Previdelli (2004) quanto maior o número de pixel selecionado mais precisa a classificação e, conseqüentemente, o mapeamento.

Foram selecionadas seis classes de uso: agricultura irrigada; agricultura de sequeiro/ solo exposto; caatinga densa; caatinga esparsa; água; nuvens e sombras de nuvens. Sendo que as três últimas não entraram na base do estudo. Para cada classe foram retiradas em média 35 amostras (polígonos) para classificação e cada uma recebeu uma nota direcionada a susceptibilidade a salinização, exceto as classes retiradas da análise. Todo processo foi

realizado com auxílio do *software* AcrGIS 9.3. As notas para cada classe foi baseada no quantitativo de água depositada nos solos em cada classe de uso.

Os mapeamentos foram cruzados através da álgebra de mapas, isto para geração da carta de susceptibilidade ambiental a salinização através das técnicas de geoprocessamento. Para isto, foi utilizada a equação 1. As classes de susceptibilidade ambiental a salinização gerada no cruzamento foram baseadas no quadro 1.

$$SCP_s = \left(\frac{S + R + UT}{3} \right) \quad (1)$$

Em que: SCPs representa a susceptibilidade ambiental das terras à salinização; S representa a estrutura dos solos; R constitui a estrutura do relevo e UT representa o uso e ocupação das terras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 2 apresenta os graus de susceptibilidade à salinização dos atributos solos, relevo e uso e ocupação das terras. Os resultados expostos no referido quadro serão discutidos para cada atributo e por último, a exposição do cruzamento.

Quadro 2. Susceptibilidade ambiental a salinização para cada atributo analisado.

Classes de susceptibilidade	Atributos solos	Atributo relevo	Atributo uso da terra
Muito Alta	Luvissolos Crômicos	Plano	Agricultura irrigada
Alta	Planossolos – Vertissolos - Cambissolos	Suave-Ondulado	-----
Média	Neossolos Flúvicos	Ondulado	Agricultura de sequeiro/ solo exposto
Baixa	Argissolos Amarelos – Argissolos Vermelhos	Forte-ondulado	-----
Muito Baixa	Latossolos Amarelos – Neossolos Litólicos - Neossolos Regolíticos - Neossolos os Qartzarênicos	Montanhoso - Fortemente montanhosos	Caatingas esparsas e densas.

Fonte: autores, 2014.

SOLOS

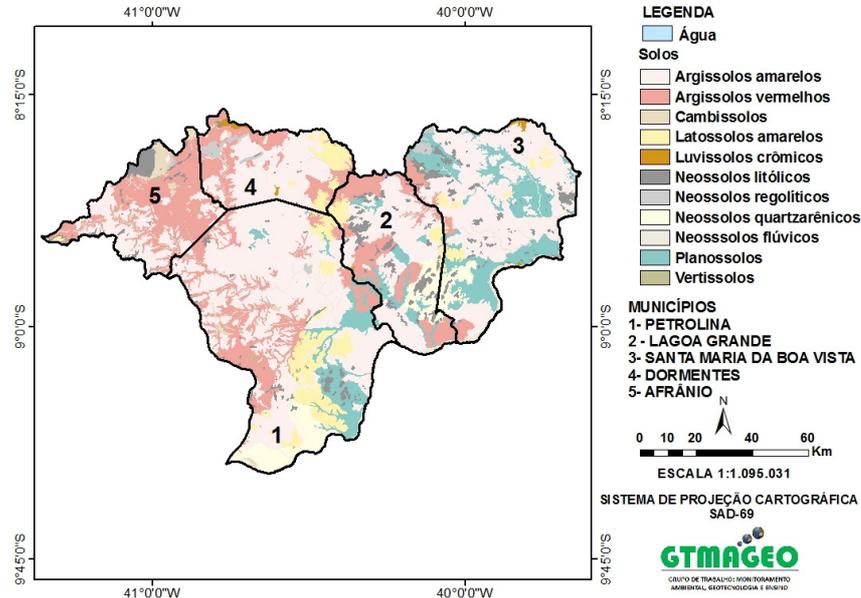
Os Argissolos Amarelos e os Argissolos Vermelhos (Figura 2) estão presentes em grande quantidade na área de estudo. Com destaque no município de Petrolina, Dormentes e Lagoa Grande, contendo características que o concedem como solos bem desenvolvidos, porém segundo, Silva, Silva e Barros (2010) nas regiões semiáridas do Estado de Pernambuco, como é o caso da área de estudo, são rasos devido os condicionantes de formação dos mesmos. Uma característica marcante nos Argissolos é a redução no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, formando assim um horizonte B textural (Bt) (CUNHA *et al.*, 2010).

Os Argissolos encontrados na área de estudo foram classificados como de baixa susceptibilidade a salinização. Isto, por que, apresentam caráter alítico que aponta para a presença de teores de alumínio, e também por apresentarem aspectos distróficos, ou seja, a soma da categoria de base é menor que 50%, o que reduz os teores de sais. Quanto ao pH o mesmo encontra-se próximo a neutralidade com teores de cálcio, magnésio e potássio consideráveis, ou seja, não tão altos, indicando assim, mais uma vez, reduções nos quantitativos de sais (SILVA, SILVA e BARROS, 2010; JATOBÁ, LINS e SILVA, 2014; CUNHA *et al.*, 2010).

Também, com expressiva presença na área de estudo são os Latossolos Amarelos que predominam nos municípios de Petrolina, Lagoa Grande e Dormentes (figura 2). Este tipo de

solo possui características físicas que condiciona a prática da agricultura a exemplo da: boa drenagem; profundidade e ausência de pedregosidade; pequena variação de textura no perfil, entre outras (CUNHA *et al.*, 2010; JATOBÁ, LINS e SILVA, 2014; SILVA, SILVA e BARROS, 2010).

Figura 2. Solos da área de estudo.



Fonte: autores, 2014

Os Latossolos possuem as seguintes características: argilas com preponderância de alumínio; pH fortemente ácido; baixa saturação por base e baixa atividade (CTC) das argilas, ou seja, boas características físicas, as quais não indicam acúmulos de sais (EMBRAPA, 2006; SILVA, SILVA e BARROS, 2010). Diante do apresentado são classificados como de muito baixa susceptibilidade a salinização.

Os Planossolos são solos com minerais hidromórficos ou não, apresentam cores de redução e/ou mosqueado resultantes de drenagem imperfeita. São solos jovens e normalmente adensados com acúmulo de argila em subsuperfície e poucos profundos (CUNHA *et al.*, 2010; JATOBÁ, LINS e SILVA, 2014). Estão presentes nos municípios de Petrolina, Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista.

Os Planossolos foram classificados como de alta susceptibilidade a salinização, visto que possuem valores elevados de soma de base, em sua grande maioria com valores médios de sódio trocável (Na), inadequada drenagem e permeabilidade lenta (JATOBÁ, LINS e SILVA, 2014; CUNHA *et al.*, 2008). Possui sensibilidade a disponibilidade de água, pois, caso ocorra excesso de umidade pode-se ter problemas com encharcamento por conter acúmulo de argila no horizonte B, apesar de apresentarem textura superficial arenosa.

A ocorrência dos Luvisolos Crômicos é restrita a pequenas porções nos municípios de Dormentes e Santa Maria da Boa Vista (figura 2). São caracterizados por possuírem horizonte B textural e mudança textural abrupta entre horizontes e exclusivamente eutróficos. São considerados rasos, com cores bem marcantes que vai desde bruno avermelhado até o vermelho escuro (CUNHA *et al.*, 2010; SILVA, SILVA e BARROS 2010).

Os Luvisolos Crômicos foram classificados como de muito alta susceptibilidade a salinização. É característico deste tipo de solos possuírem fração argila com alta atividade, saturação por base, caráter solódico ou sódico, na parte subsuperficial com pH moderadamente ácidos a levemente alcalino com valores de alumínio baixo ou nulo, além de se apresentarem bem a imperfeitamente drenados (SILVA, SILVA e BARROS, 2010).

Outro solo de ocorrência muito restrita são os Vertissolos com difícil identificação na escala gerada no mapa da figura 2. São solos poucos permeáveis, particularidade que restringe a sua

drenagem. Possuem coloração cinza-escuro, preto ou marrom e elevada pegajosidade quando úmidos e, elevada dureza quando secos (CUNHA *et al.*, 2010).

Os Vertissolos foram classificados como solos de alta susceptibilidade a salinização devido às particularidades listadas anteriormente, e por possuir como características elevado teor de argilas do tipo 2:1, que se caracterizam por provocarem expansões, quando úmida e contrações, quando seca. Possui também, alta capacidade de troca de cátions, alta saturação por base com teores elevados de cálcio e magnésio com ausência de alumínio trocável. Apresentam pH entre faixa neutra para alcalina (CUNHA *et al.*, 2010).

Os Cambissolos também são solos de presença reduzida na área de estudo estando presente em pequenas manchas nos municípios de Petrolina e Afrânio (figura 2). São solos com grande variação em suas características devido à alteração no material de origem, as formas de relevo e clima em que se localiza. Neste contexto, essa classe comporta solos desde fortemente a imperfeitamente drenados, de rasos a profundos e com cores que vão desde bruno ou bruno-amarelada até vermelho escuro (CUNHA *et al.*, 2010; JATOBÁ, LINS e SILVA, 2014). Os Cambissolos foram classificados como de alta susceptibilidade a salinização por apresentarem na área de estudo presença de sais identificados em diversos estudos (CODEVASF, 2011).

A classe dos Neossolos possui boa distribuição na área de estudo. Os Neossolos Litólicos são caracterizados por serem rasos, mal desenvolvidos e, conseqüentemente jovens, além de baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2006). Assim, os mesmos foram enquadrados na categoria dos solos com muito baixa susceptibilidade a salinização por conter características retratadas por Cunha *et al.*, (2008) como: textura arenosa com presença de cascalho; boa drenagem; heterogeneidade química com possibilidade de serem álicos, distróficos ou eutróficos; capacidade de troca de cátions variando de baixa a alta.

Outra subclasse dos Neossolos são os Regolíticos, os quais também possuem textura arenosa ou média, não contêm variações abruptas entre horizontes, com cores claras e nas frações grosseiras teores acima de 4% de minerais facilmente intemperizados como por exemplo a biotita (SILVA, SILVA E BARROS 2010). Por conter particularidades como alto nível de drenagem, permeabilidade muito rápida e baixíssima capacidade de retenção de umidade os Neossolos Regolíticos também foram classificados como de muito baixa susceptibilidade a salinização.

Também incluso na classe dos Neossolos os Qartzarênicos estão presentes na área de estudo. São solos muito profundos, além de baixa capacidade de retenção de nutrientes e água com cores vermelhas, amarelas ou mais claras devida a decomposição predominante do quartzo (CUNHA *et al.*, 2010; SILVA, SILVA e BARROS, 2010). Foram classificados como de muito baixa susceptibilidade a salinização por apresentarem argilas de baixa atividade coloidal, com baixa capacidade de troca de cátions e baixos valores de matéria orgânica, baixa dificuldades no acúmulo de água e baixo acúmulo de sais (CUNHA *et al.*, 2010; SILVA, SILVA e BARROS, 2010).

Os Neossolos Flúvicos compreende a subclasse mais diferente com relação aos demais Neossolos. São solos relacionados a sedimentos recentes de origem fluvial e constituídos por camadas alternadas, com textura distinta e média a alta fertilidade natural (SILVA, SILVA e BARROS, 2010).

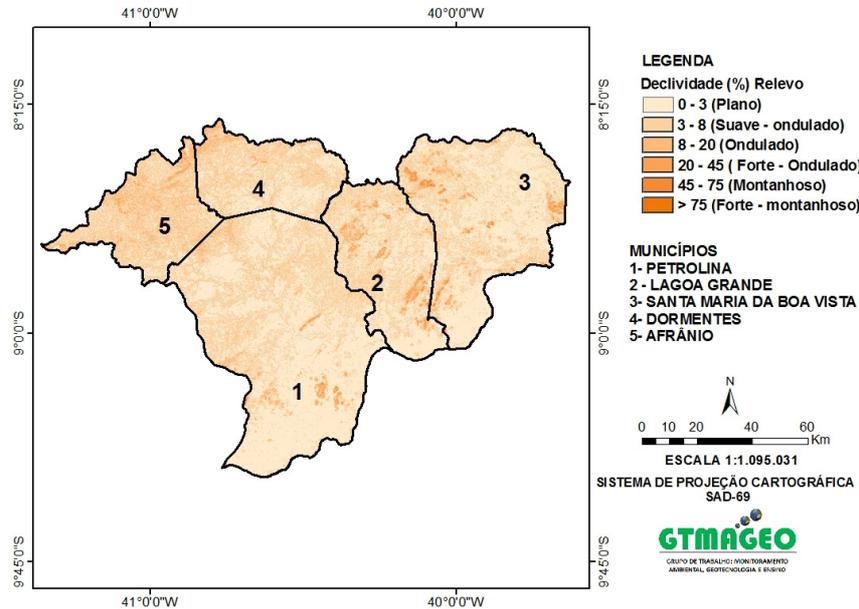
Os Neossolos Flúvicos apresentam características como drenagem bem a imperfeitamente drenada, grande quantidade de silte em sua composição. São tanto eutróficos quanto distróficos ou álicos. A principal limitação deste tipo de solo é o alto risco de inundação (acúmulo de água) podendo causar problemas com sais solúveis (salinidade) ou sódio trocável (sodicidade) em sua composição já existente e, que se transforma em problema por ascender por capilaridade (CUNHA *et al.*, 2010; SILVA, SILVA e BARROS, 2010). Neste contexto, os Neossolos Flúvicos foram enquadrados como de média susceptibilidade a salinização.

ESTRUTURA DO RELEVO

A figura 3 apresenta a distribuição do relevo na área de estudo. Observa-se que mais da metade da região estudada possui declividade abaixo de 3%. De acordo com a EMBRAPA (1979) as áreas onde a declividade varia de 0 a 3% o relevo é considerado plano. A presença do relevo suave-ondulado aparece na região como a segunda maior classe em ocupação. A

citada estrutura possui declividade variando de 3 a 8%. Ambas as classes compõem a estrutura geomorfológica conhecida como Depressão Sertaneja. As citadas estruturas de relevo estão concentradas em sua grande porção nos municípios de Petrolina, Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista e, em pequenas áreas de Afrânio e Dormentes.

Figura 3. Declividade e relevo da área de estudo.



Fonte: autores, 2014.

De acordo com Beltrão *et al.*, (2006) e Jatobá (2008) a Depressão Sertaneja representa a paisagem típica da região semiárida do nordeste brasileiro com relevo predominantemente suave-ondulado, mas contendo elevações residuais, cristais e/ou outeiros pontuais que são os testemunhos dos ciclos de erosão que houve em épocas passadas nessa região. De acordo com os apontamentos anteriores as áreas de relevo plano receberam a atribuição de muito alta susceptibilidade a salinização e o relevo suave-ondulado a classificação de alta susceptibilidade.

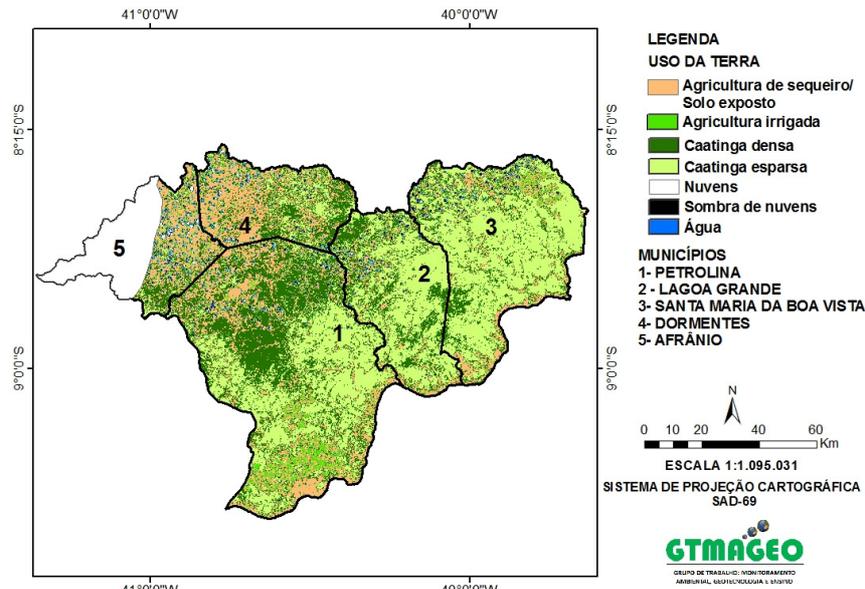
Seguindo o que foi apresentado anteriormente, também, foram levadas em consideração as outras quatro classes de relevo representadas pelos espigões, outeiros pontuais, morros testemunhos, serrotes entre outras elevações. As localidades com relevo ondulado foram classificadas como de média susceptibilidade a salinização pelo fato das ondulações serem mais inclinadas em relação às suaves-onduladas. A classe forte-ondulada foi atribuída à baixa susceptibilidade a salinização por ser considerado um relevo com valores de declives maiores do que os relevos ondulados. Já o montanhoso e forte-montanhoso foram classificados como de muito baixa susceptibilidade a salinização por serem relevos com grandes declividades, ou seja, acima de 45%.

ESTRUTURA DO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS

A figura 4 apresenta o mapeamento de uso e ocupação das terras na área de estudo. Foram mapeadas sete classes de uso sendo que são relevantes para o presente estudo a agricultura irrigada, agricultura de sequeiro com ou sem irrigação de pequeno porte/solo exposto, caatinga densa (predominância de espécies arbóreas) e caatinga esparsa (predominância de espécies arbustivas e/ou áreas degradadas).

Levando em consideração as características individuais de cada classe foram atribuídos notas e níveis de susceptibilidade (Quadro 2) levando em consideração o quantitativo de água que os usos utilizam em suas práticas. A agricultura irrigada possui muito alta susceptibilidade a salinização. Tais áreas são enquadradas nesta categoria por serem extensões que sempre estão sendo cultivadas. Com isto, estão corriqueiramente sobre recebimento de água, seja de boa qualidade ou não.

Figura 4. Uso e ocupação das terras na área de estudo.



Fonte: autores, 2014

A água de boa qualidade, apesar de apresentar baixos teores de sais em sua composição, pode contribuir na salinização dos solos na agricultura irrigada. Segundo Brady e Weil (2012) mesmo a água possuindo baixos teores de sais as mesmas são capazes de deixarem pequenas quantidades de sais solúveis nas superfícies dos solos após o processo de evaporação das águas. Vale ressaltar que o método de irrigação varia a quantidade de água depositada no solo, porém para o devido estudo não há separação dos métodos de irrigação, apenas o mecanismo de cultivo agrícola na área de estudo sobre forte incremento hídrico.

Assim, levando em consideração as práticas agrícolas pautada na irrigação, Brasileiro (2010) destaca que a citada prática é uma das técnicas humanas fundamentais na contribuição antrópica para a salinização dos solos, principalmente nas regiões semiáridas do Brasil. Isto por que, o acúmulo de água no solo provoca a acessão dos sais somada a intrusão dos mesmos presentes em boa parte das águas empregadas na irrigação dos municípios estudados.

Em estudo realizado por Ramos (2014) nos municípios de Afrânio e Dormentes parte das águas utilizadas na agricultura de irrigada de pequeno porte são oriundas do lençol subterrâneo que na região possui grandes e médios teores de sais. Problema que contribui para o acúmulo de sais nos solos.

Considerando as discussões anteriores a agricultura irrigada, concentradas nos municípios de Petrolina, Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista com pequena participação espacial nos municípios de Dormentes e Afrânio foram classificadas com muito alta susceptibilidade a salinização.

Outro modelo de agricultura praticada na área de estudo é a agricultura de sequeiro entremeada com o solo exposto. Ela possui como característica a exposição do solo em boa parte do ano por que os agricultores cultivam apenas nos períodos chuvosos e o restante do ano o solo fica exposto sem nenhuma proteção. As maiores concentrações de agricultura de sequeiro/solo exposto estão nos municípios de Afrânio, Dormentes e Petrolina (figura 4).

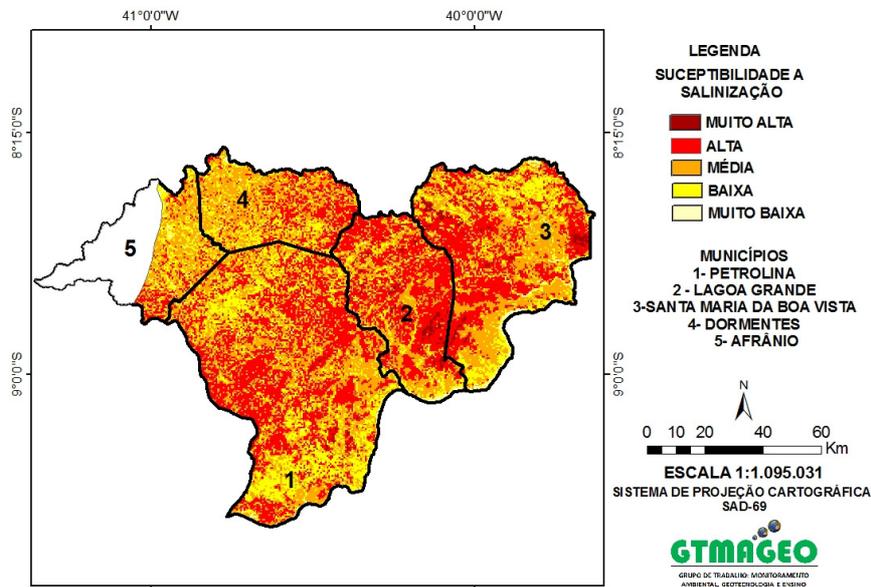
Apesar da utilização de água em menores quantidades comparada com a agricultura irrigada é possível aferir um peso alto a estas práticas no processo de susceptibilidade a salinização dos solos na região de estudo. Isto por que, nos períodos de chuvas os agricultores de sequeiros usam o máximo possível das águas das chuvas empregando canalizações dos fluxos hídricos em sucros entre outros sistemas de retenção de água e permanência ao máximo tempo possível da água no solo. Portanto, o pequeno acúmulo de água nos solos nos períodos de chuvas contribui em médio grau de susceptibilidade a salinização dos solos.

As áreas com o predomínio das caatingas esparsas (grandes concentrações nos municípios de Santa Maria da Boa Vista, Lagoa Grande e Petrolina) e caatingas densas (grandes concentrações em Petrolina, Afrânio e Dormentes) foram classificadas como de muita baixa susceptibilidade a salinização por apresentarem mínimas ou nenhuma interferência das ações humanas. Isto por que, o uso da água é limitado aos períodos de chuvas aliada a ausência de mecanismos de permanência de água nos solos, ao contrário do que ocorrem nas áreas com agricultura irrigada e até de sequeiro.

SUSCEPTIBILIDADE A SALINIZAÇÃO

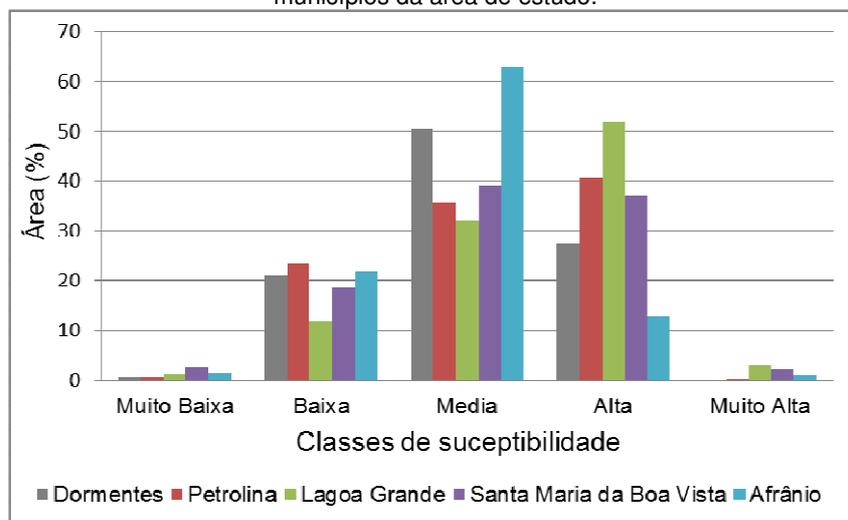
Com base no cruzamento das três classificações anteriormente apresentadas foi elaborado o mapa de susceptibilidade ambiental das terras a salinização da área de estudo (Figura 5). Tal mapa expõe a susceptibilidade a salinização em cinco classes diferentes: muito alta; alta; média; baixa e muito baixa. Já o gráfico da figura 6 apresenta o quantitativo de área ocupada para cada classe de susceptibilidade por município.

Figura 5. Susceptibilidade a salinização na área de estudo.



Fonte: autores, 2014

Figura 6. Quantitativo de áreas ocupadas pelas classes de susceptibilidade à salinização dos solos por municípios da área de estudo.



Fonte: autores, 2014

As áreas com muito baixa susceptibilidade a salinização estão concentradas em maior expressividade no município de Santa Maria da Boa Vista, contabilizando 2,81%. Em seguida vem o município de Afrânio com 1,48%, logo depois, Lagoa Grande, Petrolina e Dormentes com: 1,20%, 0,86% e 0,85%, respectivamente. A combinação que promove os melhores índices de susceptibilidade a salinização são a presença dos Latossolos Amarelos, Argissolos Vermelhos, Neossolos Litólicos e Quartzarênicos, caatinga densa e esparsa e pequenas áreas sobre relevo plano, ondulado e suave-ondulado.

As regiões com baixa susceptibilidade a salinização tem destaque no município de Petrolina com 23,3% e Afrânio com 21,8%. A menor área com a presença da referida classe está no município de Lagoa Grande com 11,93%. A combinação dos solos menos susceptíveis a salinização com as áreas planas com agricultura de sequeiro/solo exposto são os maiores responsáveis pelo enquadramento da referida classe.

A classe de média susceptibilidade a salinização é a que ocupa a maior área em toda região de estudo, totalizando 39% de ocupação. Separando por município o destaque é Afrânio. Este município possui 62,8% de suas terras com média susceptibilidade a salinização. Em seguida estão os municípios de Dormentes, Santa Maria da Boa Vista e Petrolina com: 50,4%; 39,26%; 35,6%, respectivamente. A menor área com média susceptibilidade a salinização está no município de Lagoa Grande com 31,9%. O cruzamento de regiões com Argissolos Amarelos e Vermelhos, Latossolos Amarelos, Vertissolos sobre relevos com declividades inferiores a 20% e uma mescla de uso das terras entre caatinga esparsa e densa mais agricultura de sequeiro/solo exposto culminam com a formação das áreas que possuem média susceptibilidade a salinização.

Em relação às regiões com alta susceptibilidade a salinização o município de Lagoa Grande contabiliza 50,87% de suas terras na referida categoria. Basta observar no mapa da figura 5 e o gráfico da figura 6. Logo depois vem Petrolina, Santa Maria da Boa Vista, Dormentes e Afrânio com: 40,6%; 30,04%; 24,47% de suas terras com alta susceptibilidade, respectivamente.

A combinação de solos com alta susceptibilidade a salinização somados com áreas com relevo plano e suave-ondulado aliada as áreas com agricultura de sequeiro/solo exposto, agricultura irrigada e caatinga densa e/ou esparsa proporcionam para o aparecimento das áreas com alta susceptibilidade a salinização.

A estrutura de susceptibilidade mais preocupante não atinge 5% da área de estudo. Trata-se das áreas com muito alta susceptibilidade a salinização. Porém, mesmo em pequena quantidade requer apresentação. O Município de Lagoa Grande surge mais uma vez como destaque, desta vez ele possui 2,9% de suas terras na citada classe de susceptibilidade. Em seguida está o município de Santa Maria da Boa Vista com 2,27% de área classificada. Os demais municípios somados apresentam 1,33% de área com muito alta susceptibilidade.

O mapeamento do baixo quantitativo de área sobre a classe de muito alta susceptibilidades a salinização ocorreu devido a combinações dos atributos com valores extremos a exemplo dos solos com muito alta e alta susceptibilidade a salinização como os Luvisolos Crômicos, os Planossolos e os Neossolos Flúvicos aliado a agricultura irrigada.

Após o mapeamento e sua análise fica evidente que qualquer intervenção que visem fins agrícolas nesta região, a qual possui baixos índices pluviométricos necessitando de irrigação deve ser bastante planejado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das variáveis solos, relevo e usos e ocupação das terras representou bem a estrutura de susceptibilidade ambiental a salinização das terras dos municípios analisados. Problema que está atrelado a um dos principais fatores eminentes no processo de desertificação em várias partes do mundo.

Apesar da presença de solos não tão susceptíveis a salinização, assim como, a estrutura vegetal também com pouca influência (as caatingas) quando ocorre a combinação entre relevo plano, atrelado a solos novos, com baixa lixiviação e alta ou média alcalinidade somados as práticas de irrigação colocam a área de estudo em estado de alerta.

Alerta que está atrelado ao fato de que mais da metade da área analisada encontra-se sobre média à alta susceptibilidade ambiental a salinização, o que expõe a necessidade de políticas de planejamento voltadas ao uso das novas terras, assim como, repensar as práticas já exercidas, principalmente quando os usos das terras ocorrem através da agricultura irrigada.

O estudo aqui apresentado não tem como pretensão a finalização de um tema que requer observações no tocante do planejamento das práticas de uso das terras no semiárido brasileiro. Muito pelo contrário, ele abre caminho a novas pesquisas que venha acrescentar novos resultados aos já alcançados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: ao Programa de Fortalecimento Acadêmico da Universidade de Pernambuco (PFA-UPE) pela bolsa de pesquisa cedida ao primeiro autor; ao Grupo de Trabalho em Monitoramento Ambiental, Geotecnologia e Ensino (GTMAGEO) vinculado ao Grupo de Pesquisa em Sociedade e Natureza no Vale do São Francisco (GPSNVSF) pelas condições técnicas para realização do presente estudo.

REFERÊNCIAS

BELTRÃO, B.A., et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Petrolina, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2006.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. Acidez, alcalinidade, aridez e salinidade do solo. In: BRADY, N.C.; WEIL, R.R. (Orgs.). **A Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Bookman, 3ed. 2012. p.76-97.

BRASILEIRO, R.S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**, v.5, n.5, p.1-12, 2009.

CASTRO, F.C.; SANTOS, A.M. Desertificação e implicações socioambientais: uma revisão de literatura. In: Semana Universitária da Universidade de Pernambuco. **Anais...** Petrolina: UPE, 2013. p.34-43.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales São Francisco e do Parnaíba; EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Salinização no Vale do São Francisco**. Petrolina: CODEVASF, 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Súmula 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979.

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília, 2006.

FALASCA, S.; ULBERICH, A.; WALDMAN, C. Possibilities of Argentina to produce biokerosene for aviation under dry subhumid to arid areas. In: MÉNDEZVILAS, A. **Materials and processes for energy**: communicating current research and technological developments. Spain: Formatex Research Center, 2013. p. 327-334.

GKIOUGKIS, I.; et al. Assessment of soil salinization at the eastern Nestos River Delta, N.E. Greece. **Catena**, v.128, p.238–251, 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 30 de outubro de 2014.

ISSSWG, R.B. - International Society of Soil Science Working Group RB. **World Reference Base for Soil Resources**: Introduction. Leuven: Acco; ISRIC, Rome: FAO, 1998.

JATOBA, L. Relevo do Estado de Pernambuco. In: PERNAMBUCO. **Atlas de Bacia Hidrográfica do Estado de Pernambuco**. Recife: SRH-PE. 2002. p.4-4.

_____; LINS, R. C.; SILVA, A. F. **Tópicos especiais de geografia física**. 2. ed. Petrolina: Progresso, 2014.

KANZARI, S.; et al. Characterization and modeling of water movement and salts transfer in a semi-arid region of Tunisia (Bou Hajla, Kairouan) – Salinization risk of soils and aquifers. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.86, p.34-42, 2012.

LANNETTA, M.; COLONA, N. **Land care in desertification affected areas**. Madrid: LUCINDA, 2010.

PERNAMBUCO. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**. Embrapa Solos UEP: Recife: EMBRAPA, 2008.

PISINARAS, V., TSIHRINTZIS, V.A., PETALAS, C., OUZOUNIS, K. Soil salinization in the agricultural lands of Rhodope District, Northeastern Greece. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.166, p.79-94, 2010.

PREVIDELLI, I.T.S. **Estimadores de máxima verossimilhança corrigidos para modelos superdispersados não lineares**. Tese (Doutorado em Economia) - Florianópolis, SC: UFSC. 2004.

RIBEIRO, M.R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. (Orgs.) **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p.12-19.

RAMOS, M.J. **Qualidade das águas subterrâneas nos municípios de Dormentes, Afrânio e Petrolina**: Estado de Pernambuco. 2014. Monografia (Licenciatura em Geografia) – Petrolina, PE: UPE.

SILVA, F.H.B.B.; SILVA, A.B.; BARROS, A.H.C. **Principais classes de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: EMBRAPA, 2010.

TÓTH, G.; MONTANARELLA, L.; RUSCO, E. **Threats to soil quality in europe EUR 23438 - Scientific and Technical Research series**. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2008.