



ANÁLISE DAS ÁREAS FORTEMENTE DEGRADADAS E SUSCEPTÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO NO CEARÁ E A SUA VIABILIDADE PARA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR

ANALYSIS OF AREAS STRONGLY DEGRADED AND SUSCEPTIBLE TO DESERTIFICATION IN
CEARÁ AND ITS VIABILITY FOR SOLAR ENERGY GENERATION

Thiago Pereira Cunha – UFC – Fortaleza – Ceará – Brasil
thiago_pereira@hotmail.com

RESUMO

Tendo em vista os impactos socioambientais negativos causadas pelo processo de degradação e desertificação em regiões semiáridas e o crescimento das energias renováveis a nível global e regional, em especial a energia solar, a análise das áreas fortemente degradadas no Ceará pode indicar o espaço necessário à expansão dos empreendimentos de energia solar proporcionando a reabilitação destas áreas no estado. O aproveitamento da potencialidade local de grande incidência solar pode ocorrer de modo a utilizar as áreas que estejam em situação vulnerável, isto é sem cobertura vegetal e que estejam inaptas para as atividades produtivas como a agricultura. O estudo teve o intuito de analisar parâmetros que pudessem detectar indícios de maior vulnerabilidade nos municípios de Arneiroz, Canindé e Jaguaribe, através de sensoriamento remoto ao aplicar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), ao estimar a Temperatura da Superfície Terrestre (TST) e pela obtenção da Declividade dos territórios. Nos três municípios, e especialmente nas áreas fortemente degradadas, notou-se a existência de áreas com pouca ou nenhuma vegetação juntamente com as maiores temperaturas registradas. E com a análise da declividade foi determinada a viabilidade de uso das áreas para a implementação de empreendimentos destinados à geração de energia solar.

Palavras-chave: Semiárido; Desertificação; Sensoriamento Remoto; Energia Solar; Ceará.

ABSTRACT

Having regard to the negative socio-environmental impacts of the degradation and desertification process in semi-arid regions and the growth of renewable energy at global and regional level, in particular solar energy, The analysis of heavily degraded areas in Ceará can indicate the space necessary for the expansion of solar energy projects providing the rehabilitation of these areas in the state. The utilization of the local potentiality of great solar incidence can occur by the use of the areas that are in vulnerable situation, that is, without plant cover and that are unfit for productive activities such as agriculture. The study aimed to analyze parameters that could detect indications of greater vulnerability in the municipalities of Arneiroz, Canindé and Jaguaribe, through remote sensing when applying the Vegetation Index by Standardized Difference (NDVI) by estimating the Earth Surface Temperature (TST) and by obtaining the declivity of the territories. In the three municipalities, and especially in heavily degraded areas, it was noted the existence of areas with little or no vegetation along with the highest temperatures recorded. And with the analysis of the declivity was determined the feasibility of using the areas for the implementation of enterprises intended for the generation of solar energy.



Keywords: Semi-arid; Desertification; Remote Sensing; Solar Energy; Ceará.

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro que estende-se por praticamente toda a região Nordeste, abrangendo quase a totalidade do estado do Ceará, é caracterizado pelo clima seco, de elevada evapotranspiração e de poucas chuvas. Devido a essas e outras propriedades ambientais em conjunto das condições de vulnerabilidade socioeconômica existentes é estabelecido uma maior susceptibilidade à degradação da terra e a processos de desertificação. Ao considerar as regiões e populações interioranas pode-se perceber a relação entre as baixas condições de vida estabelecidas e as formas inapropriadas de uso e manejo dos recursos naturais. Como resultado dessa relação são formadas e agravadas as áreas degradadas, apesar dos esforços para se obter uma melhor convivência com a condições ambientais locais.

No tocante as regiões semiáridas, em uma perspectiva geral, podem ser caracterizadas pelo desequilíbrio entre disponibilidade e a demanda de recursos naturais, tendo em vista a satisfação das necessidades básicas da população. O território pode possuir uma variabilidade de configurações, de acordo com as condições de clima, solo, vegetação e relações sociais de produção, que dão origem a distintos modos de vida. As variações podem ser mais ou menos acentuadas, existindo momentos em que chove mais ou menos, em que o solo é fértil ou pobre, onde já se degradou ou não, em que há uma maior ou menor presença de vegetação e onde há escassez ou falta de alimentos de forma mais ou menos frequente. (PAN-BRASIL, 2005)

A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação – UNCCD estabelece o processo de degradação das áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas como desertificação, gerada pela combinação de distintos fatores, principalmente a variação climática e as atividades humanas. Os prejuízos gerados pela desertificação possuem efeito sobre a biodiversidade, a disponibilidade de recursos hídricos, a perda física e de fertilidade dos solos, entre outros. Postos os prejuízos ambientais há ainda prejuízos sociais como a perda da capacidade produtiva das famílias camponesas.



Considerando a maior vulnerabilidade socioambiental nas regiões semiáridas, os esforços para compreensão e prevenção da degradação dessas áreas tornaram-se uma temática de interesse global.

No estado do Ceará, as áreas com maior susceptibilidade ao processo de desertificação se aglomeram em três grandes núcleos, que funcionam como ferramenta de auxílio no planejamento e na tomada de decisões. Os núcleos são organizados em: Núcleo dos Inhamuns, na região sudoeste do Estado, englobando os municípios de Independência, Tauá e Arneiroz; o Núcleo de Irauçuba, na região noroeste do Estado, composto pelos municípios de Irauçuba, Forquilha, Canindé, Umirim, Itapajé, Santa Quitéria e Sobral e o Núcleo do Médio Jaguaribe, na região centro-leste do Estado, com os municípios Jaguaratama, Jaguaribara, Jaguaribe, Morada Nova e Alto Santo, totalizando 28.919,56 km², 19.06% do território cearense segundo a Funceme em 2016.

Considerando especificamente o polígono das áreas fortemente degradadas, ainda de acordo com a Funceme, a área é igual a 17.042,16 km², 11.45% do território cearense. E segundo o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação (PAE), essas áreas possuem baixa cobertura vegetal, baixa capacidade produtiva do solo e baixa capacidade de recuperação dos recursos naturais. Nesse sentido, a destinação das áreas tornadas inaptas para as atividades produtivas como a agricultura, reestabeleceria a capacidade produtiva, ainda que voltada para uma atividade diferenciada como a geração da energia, aproveitando o potencial local e acompanhando a tendência global e regional de expansão das energias renováveis, favorecendo a diversificação da matriz energética do estado.

Como apontam Marques, Krauter e Lima (2009), o Brasil possui um ótimo índice de radiação solar, concentrando os melhores valores na região semiárida, onde há grande radiação incidente com potência praticamente contínua para o ano todo. Desse modo, e de acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira et al., 2006), baseado em estudos para o período de 10 anos, a região Nordeste, e por conseguinte o Ceará, possui o maior potencial de geração de energia solar, detendo ainda a menor taxa de



variabilidade interanual das médias do total de irradiação solar global incide sobre a superfície, devido principalmente a baixa nebulosidade ao longo do ano.

A energia solar, além de ser uma fonte renovável de energia, mesmo que não utilizada para geração de eletricidade é um recurso indispensável para a vida na Terra, responsável por reger importantes ciclos como o hidrológico, de circulação de massas de ar e de desenvolvimento de biomassa, através da fotossíntese. As formas de uso dessa energia são variadas, e as mais conhecidas são para aquecimento e para conversão em energia elétrica. Enquanto em regiões mais frias, como o Sul e Sudeste brasileiro, é comum o seu aproveitamento para o aquecimento de água, no Nordeste a aplicação mais conveniente é a destinação para geração de eletricidade. Para realizar a transformação da radiação solar em eletricidade são necessários sistemas de conversão, que diferem em termoelétricos e fotovoltaicos. De acordo com Nascimento (2017):

A conversão direta da energia solar em energia elétrica, principal foco deste estudo, resulta dos efeitos da radiação sobre determinados materiais semicondutores, sobressaindo-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. O efeito termoelétrico caracteriza-se pelo surgimento de uma diferença de potencial provocada pela junção de dois metais em condições específicas. No caso do efeito fotovoltaico, descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica por meio do uso de células solares, o processo mais comum de geração de energia elétrica a partir da energia solar (NASCIMENTO, 2017, p. 06).

O aproveitamento fotovoltaico para geração de eletricidade, do mesmo modo que as matrizes eólica e hidráulica, pode ocorrer nas formas distribuída ou centralizada. A geração distribuída é constituída pela geração de energia elétrica de maneira dispersa e individualizada, que no geral se encontra em grandes centros urbanos ou em propriedades mais remotas estando diretamente ligada ao usuário local e com possibilidade de ser conectada à rede de distribuição, caracterizada pelo uso de pequenas quantidades de painéis fotovoltaicos. Já a geração centralizada é aquela que faz uso de grandes estruturas para produzir a energia elétrica que chega aos usuários finais por meio dos sistemas de distribuição e transmissão, nos quais os empreendimentos possuem grande potencial de geração de eletricidade, fazendo uso de inúmeros painéis fotovoltaicos.



A tendência de expansão dos empreendimentos de energias renováveis na forma centralizada, tendo em vista o grande potencial do Ceará, pode resultar em uma maior pressão sobre as áreas naturais ou ocupadas por atividades agrícolas. Portanto, a interseção entre as áreas degradadas e a geração de energia solar pode servir como parâmetro para o ordenamento da expansão da geração das energias renováveis, em especial a solar, ponderando os impactos gerados pela deterioração de algumas áreas, que dificultam e tornam mais onerosas as ações de recuperação ambiental, e o potencial transformador que a reabilitação dessas áreas para a geração de energia pode representar.

Desse modo, ainda que ratificando a importância dos planos e medidas de combate e prevenção a degradação e aos processos de desertificação no território cearense, por via de sensoriamento remoto e com a avaliação de parâmetros biofísicos, pretende-se apontar a viabilidade de reabilitação das áreas analisadas por intermédio da sua ocupação para geração de energia solar. Os parâmetros que fundamentaram a análise são o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), a Temperatura da Superfície Terrestre (TST) e a Declividade dos municípios de Arneiroz, Canindé e Jaguaribe, empregados para determinar a vulnerabilidade das áreas fortemente degradadas e vulneráveis a desertificação frente ao restante do território dos municípios.

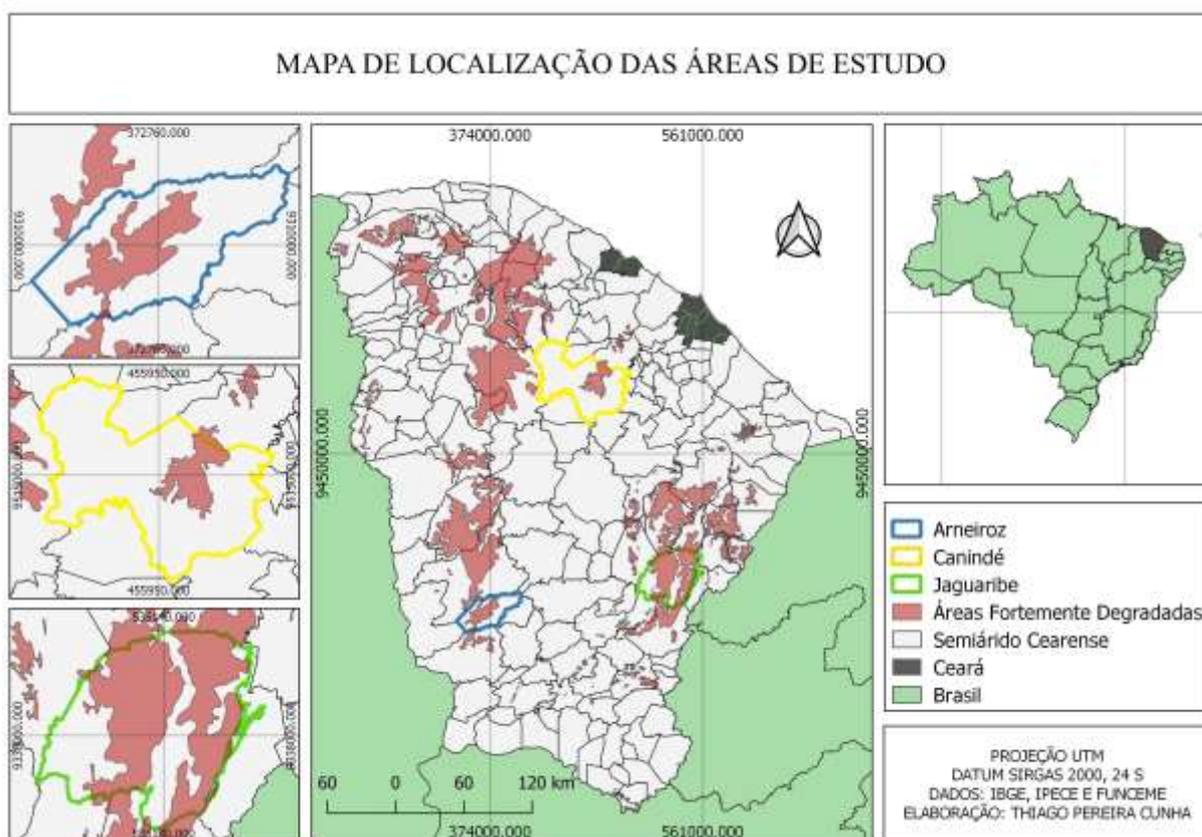
METODOLOGIA

Área de Estudo

As áreas de estudo foram estabelecidas pela interseção entre o perímetro dos municípios de Canindé, Jaguaribe e Arneiroz, com as Áreas Fortemente Degradadas, de acordo com dados da Funceme de 2016. Os municípios foram selecionados aleatoriamente, obedecendo apenas ao critério de serem pertencentes a núcleos de desertificação diferentes, dados os núcleos de Irauçuba, Médio Jaguaribe e Sertões de Inhamuns, para uma maior representatividade. Dessa forma a efetiva área de interesse

é estabelecida pelo polígono formado pelo cruzamento entre as áreas degradadas e o perímetro dos municípios elegidos. Na Figura 01 está contido a localização das áreas de interesse do estudo, a totalidade das áreas fortemente degradadas e a espacialização dos municípios inseridos na região do semiárido cearense.

Figura 01 - Região semiárida do Ceará e áreas de estudo



Fonte: Autor (2019)

Para realizar a análise das áreas de interesse foram adquiridas cenas do satélite LandSat 8, disponibilizadas gratuitamente pelo Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS), - <http://landsat.usgs.gov/> - sensor OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor), onde os parâmetros de escolha das imagens foram a mínima existência de nuvens e a viabilidade de selecionar cenas que correspondessem a mesma época do ano. Também por meio do USGS, foram obtidas as cenas SRTM

(Shuttle Radar Topography Mission), contendo os dados altimétricos, originadas da Missão topográfica do radar de transferência da NASA. Todos os processamentos e elaboração dos layouts foram realizados no software livre QGIS 3.4 (Madeira). No quadro 01 estão expostos as identificações de cada cena LandSat 8 e SRTM utilizadas para o estudo.

Quadro 01. Identificação das cenas utilizadas.

LANDSAT	DATA	SRTM
LC08_L1TP_217063_20190702_20190718_01_T		S05_w040_1arc_v3
1		S06_w039_1arc_v3
LC08_L1TP_217064_20190718_20190731_01_T	18-07-2019	S07_w039_1arc_v3
1	31-07-2019	S07_w040_1arc_v3
LC08_L1TP_216064_20190812_20190820_01_T	20-08-2019	
1		S07_w041_1arc_v3

Fonte: Autor (2019)

O processamento das cenas se iniciaram pela elaboração, com os arquivos SRTM, do Modelo Digital de Elevação (MDE). Em seguida foi realizada a conversão dos números digitais (ND) das imagens do satélite Landsat 8 para radiância. Com a banda termal 10 foi estimada a temperatura da superfície terrestre (TST) e por fim foi realizada a aplicação do índice de vegetação por diferença normatizada (NDVI), realizada por meio da banda 4 e 5. A seguir os parâmetros e passos são abordados de maneira mais elucidativa.

Modelo Digital de Elevação (MDE):

O Modelo Digital de Elevação descreve o relevo de uma determinada área por meio das informações das três dimensões espaciais; latitude, longitude e altitude. Pode ser gerado por diferentes fontes, nesse caso teve origem por dados de sensoriamento remoto, concretamente na forma das cenas SRTM (Shuttle Radar Topography Mission),

missão realizada no ano de 2000 que objetivava realizar um levantamento altimétrico da superfície da Terra a partir de radares. Dentre as variadas aplicações das cenas SRTM, a obtenção da declividade permite a avaliação do relevo por meio da diferença altimétrica existente entre dois pontos de uma área determinada (DIAS, 2016). O quadro 02 mostra as classes de declividade utilizadas que foram distribuídas de acordo com os valores estabelecidos pela Embrapa.

Quadro 02 - Classes de declividade.

Classes	%
Plano	0 - 3
Suave Ondulado	3 - 8
Ondulado	8 - 20
Fortemente Ondulado	20 - 45
Montanhoso	45 - 75
Escarpado	> 75

Fonte: Embrapa (1979)

Conversão dos números digitais da imagem (ND) para Radiância:

A determinação dos valores físicos (Radiância e Reflectância) das imagens pode ser realizado através da transformação dos dados brutos, números digitais (ND), originários das imagens de satélites, utilizando a equação 1.

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL$$

(1)

$L\lambda$ – Radiância Espectral em sensor de abertura em Watts/(m² sr μm)

ML – Fator multiplicativo de redimensionamento da banda

AL – Fator de redimensionamento aditivo específico da banda

Q_{cal} – Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN

Temperatura da Superfície Terrestre (TST):

Os modelos de estimativa da Temperatura da Superfície Terrestre (TST) podem ser determinadas a partir da detecção da radiação de ondas longas emitida na faixa do infravermelho e detectada por sensores orbitais fundamentando-se no princípio de que todo o corpo com temperatura acima do zero absoluto emite radiação eletromagnética (Gusso et al., 2007). Após a obtenção da radiância espectral das cenas, através da equação 2, foi estimada a temperatura da superfície. Os valores de referência, para a banda termal 10, estão contidos no arquivo metadados das cenas LandSat 8.

$$T_{sc} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

T_{sc} - Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)

K_2 - Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)

K_1 - Constante de calibração 1 = 774.89 (K)

$L\lambda$ - Radiância espectral em Watts/(m²sr μm)

A temperatura resultante da equação é gerada em Kelvin. Para a conversão para graus Celsius (°C) é necessário subtração pelo valor de 273,15.

Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI):

A fundamentação dos índices de vegetação está centrada na relação de baixa reflectância da vegetação na região espectral do visível, devido à absorção da radiação solar pela ação dos pigmentos fotossintetizantes, e pela alta reflectância na região do infravermelho próximo, devido ao espalhamento da radiação causado pela estrutura celular da vegetação. Dessa forma, dado o comportamento de reflectância da radiação pela ação química e estrutural da vegetação, a proposição dos índices se apropriam do

antagonismo entre a reflectância na região do visível e infravermelho próximo para a realização do cálculo (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009). O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada é uma ferramenta que permite estimar a presença e a condição da vegetação. Possui variação dentro do intervalo de -1 a +1, onde os valores mais próximos de +1 indicam áreas com maior quantidade e vitalidade da vegetação, enquanto valores próximos a -1 indicam sua ausência. A aplicação do NDVI é realizada através da equação 3.

$$\text{NDVI} = \frac{P_{IV} - P_V}{P_{IV} + P_V} \quad (3)$$

NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

P_{IV} – Radiância da banda do infravermelho próximo

P_V – Radiância da banda do vermelho

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros biofísicos como o NDVI são úteis para avaliar o estado de vulnerabilidade presente na medida que a cobertura vegetal significa proteção contra a erosão dos solos, presença de biodiversidade e um indicativo de viabilidade agrícola da área. Já a TST pode atuar como validação da aplicação do NDVI pois a presença de vegetação produz temperaturas mais amenas e sua ausência, por tornar o solo exposto, gera o aumento da temperatura. Dessa forma são úteis para a identificação daquelas áreas que possam apresentar maior vulnerabilidade socioambiental, que convenientemente serão as mais propícias para serem ocupadas para geração de energia solar, observando a viabilidade das instalações necessárias mensurada pela obtenção da Declividade do terreno.

O processamento das cenas foram realizadas na totalidade dos três municípios, viabilizando a comparação das áreas de interesse com as demais áreas dos municípios



trabalhados. O resultado dos parâmetros analisados foram sintetizados na forma de mapas temáticos, que são expostos a seguir, fundamentais para determinar a viabilidade do uso das áreas degradadas para a geração de energia solar no Ceará. A avaliação da irradiação solar incidente nas áreas não foi realizada pois parte-se do exposto por Pereira et al. (2006) de que os valores de irradiação solar em qualquer região do território brasileiro, essenciais para a geração de energia, são superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como Alemanha, França e Espanha, que são países de referência no aproveitamento da energia solar.

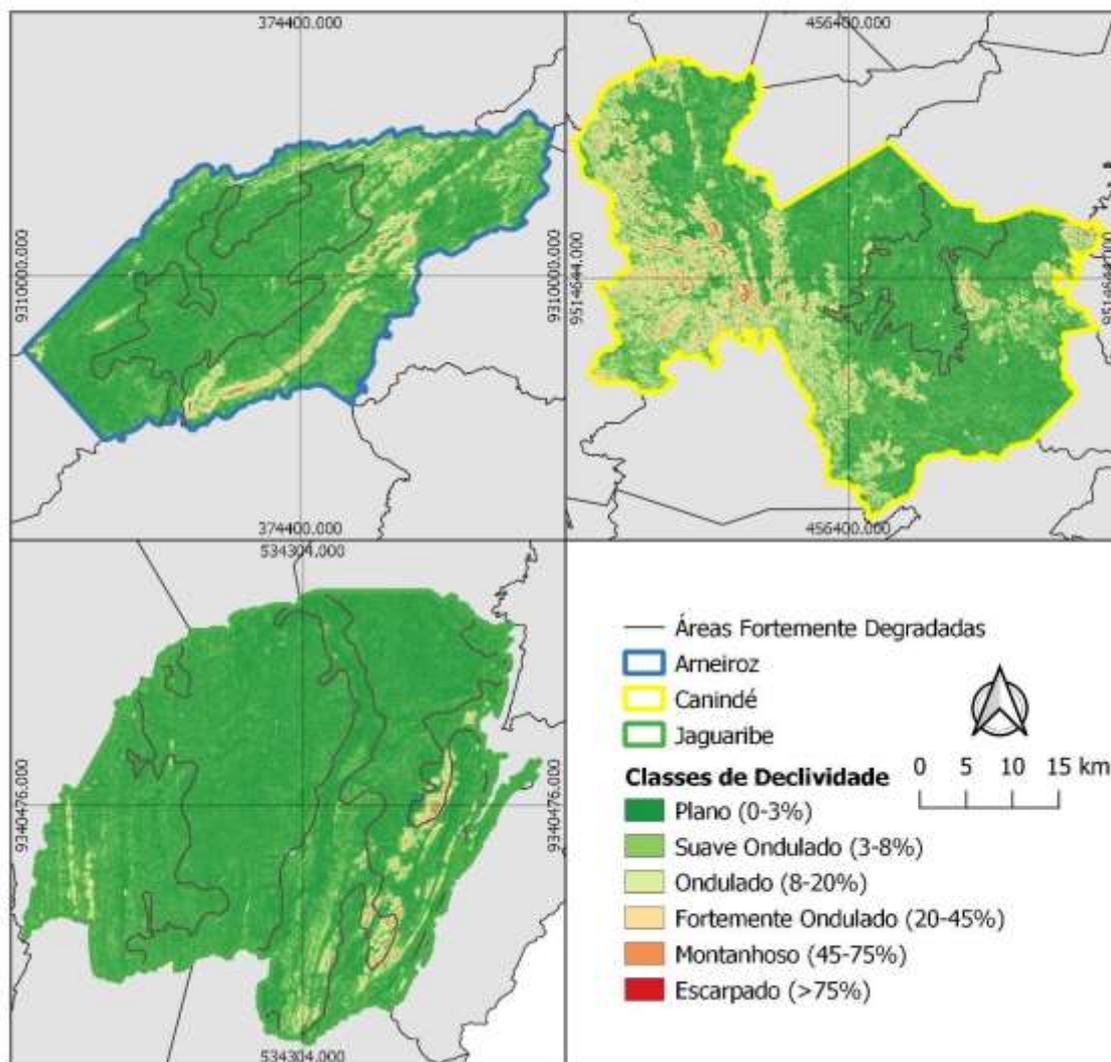
Declividade

A Declividade, inclinação que a superfície do terreno possui em relação ao plano horizontal, é uma das principais características geomorfológicas e extremamente útil na determinação da existência de áreas favoráveis as edificações, de áreas de risco de desmoronamento e de áreas de proteção permanente entre outras (KUIINCHTNER; TREVISAN, 2004). Para o estudo possui especial relevância pois, de acordo com Galvão (2017), pode provocar o efeito de sombreamento durante parte do dia, interferindo no aproveitamento máximo do potencial de produção energética. Além de gerar dificuldades técnicas na instalação de empreendimentos em áreas de alta declividade, aumentando o custo de implementação.

Desse modo, por representarem pouca ou nenhuma irregularidade, declividades menores que 5% são essenciais. E tendo em vista as áreas mais favoráveis, foi assumido o valor de até 3% de declividade como o ideal, valor que também foi utilizado por Konzen (2016) no mapeamento das áreas aptas para a geração de energia solar na forma centralizada. Considerando o intervalo de 0-3% obtém-se a classe Plano, que conforme apresenta a figura 02, foi a classe predominante no perímetro das áreas fortemente degradadas para os três municípios. Apenas em Jaguaribe houveram

pontuais presenças de outras classes, e mesmo com pouca significância podem ser desconsideradas para utilização.

Figura 02 - Espacialização das classes de declividade.



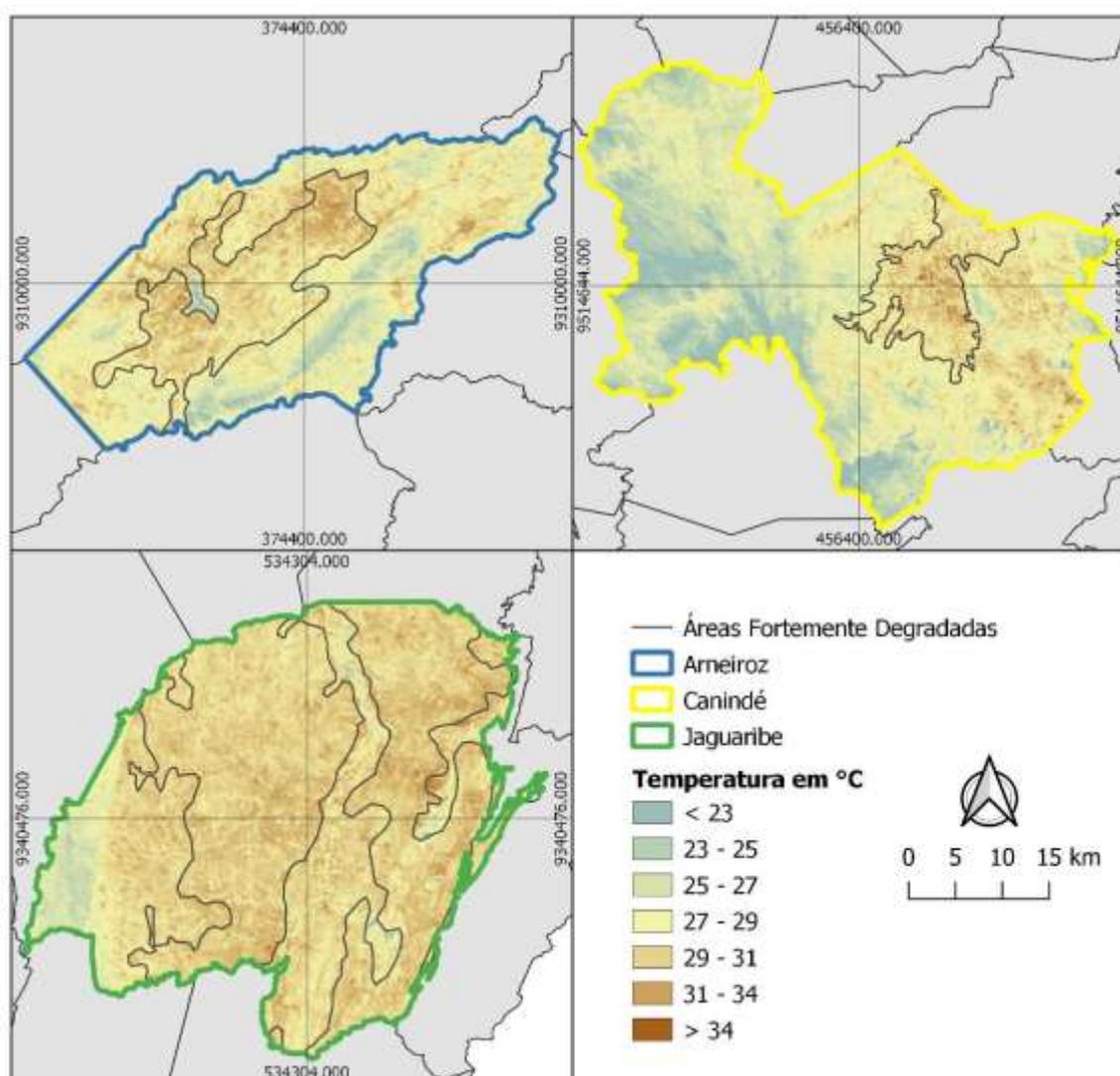
Fonte: Autor (2019)

Temperatura da Superfície

Como parâmetro físico que diz respeito ao fluxo de calor dado em função do balanço de radiação que chega e que sai de um corpo, a temperatura da superfície terrestre (TST) auxiliam na distinção das feições na superfície. Corroborando com Borges et al.

(2011) os valores de temperatura amenas possuem ocorrência nas áreas cobertas por vegetação, sendo estes valores ainda menores nas áreas de vegetação nativa, e nas proximidades de mata ciliar e corpos d'água. Em contrapartida as temperaturas mais elevadas são identificadas principalmente nas áreas de solo exposto, nas áreas ocupadas pela agricultura de sequeiro e nas manchas urbanas. Seguindo a lógica, na Figura 3 as temperaturas mais elevadas encontram-se nas áreas fortemente degradadas de cada município, justamente por haver a maior presença de solo exposto.

Figura 03 - Espacialização da Temperatura da Superfície Terrestre (TST).



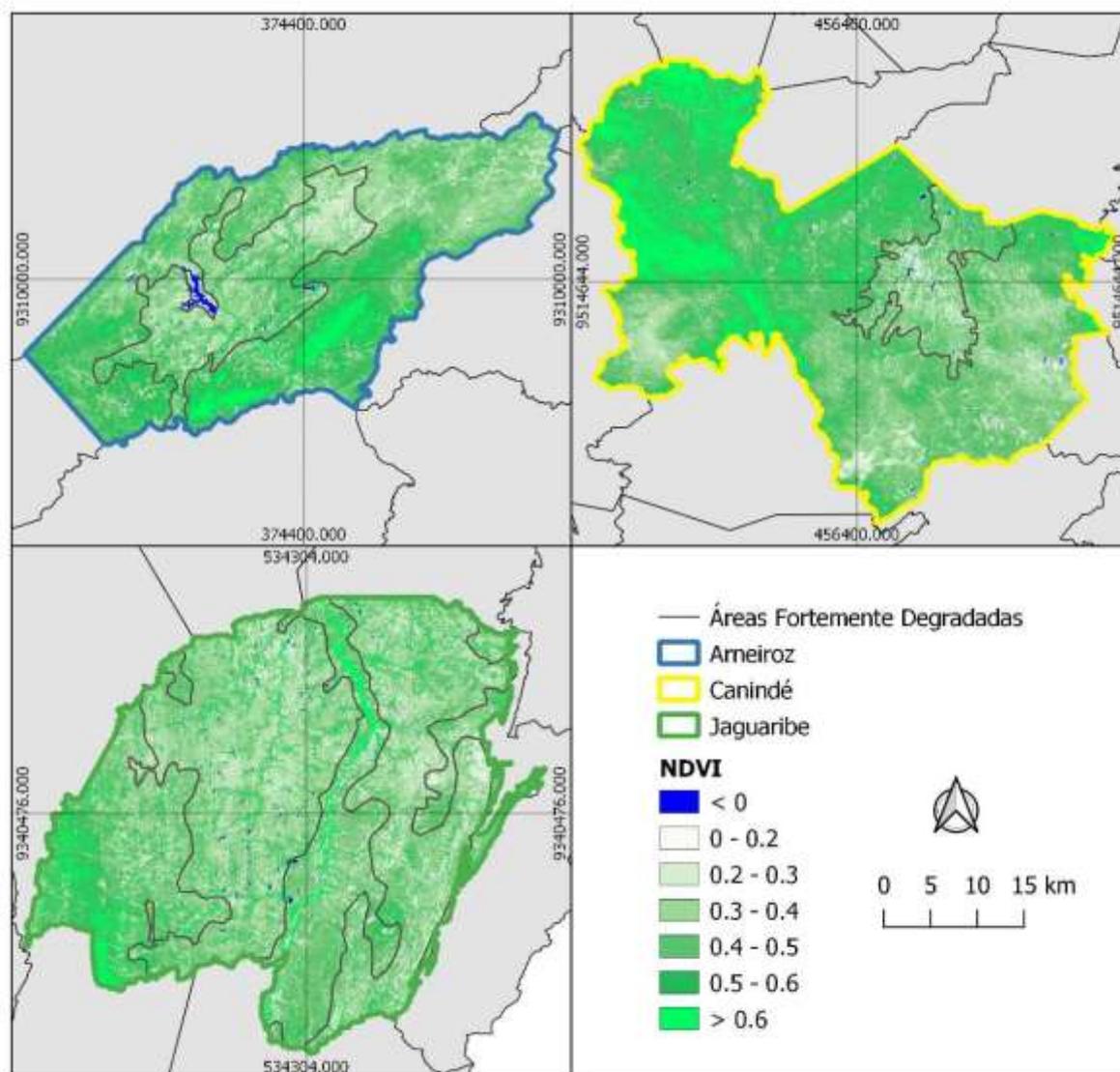
Fonte: Autor (2019)

NDVI

Com a aplicação do NDVI foi verificado que dentro do perímetro das áreas fortemente degradadas não houve qualquer ocorrência dos maiores valores ($NDVI > 0.5$), associados a presença de vegetação mais intensa, que foram expressos em áreas pontuais fora do perímetro das áreas de interesse. Os valores intermediários ($NDVI > 0.2$ e < 0.5), que podem indicar vegetação de menor densidade, predominaram na maior parte dos territórios, ainda que de maneira dispersa. Já os menores valores positivos ($NDVI > 0$ e < 0.2), de especial interesse para o estudo, são característicos para solos com pouco ou nenhuma cobertura vegetal, foram marcantes dentro dos perímetros das áreas fortemente degradadas. Os valores negativos ($NDVI < 0$) são indicadores de presença de água, confirmando a presença de corpos hídricos nos municípios. Conforme a Figura 04, no município de Jaguaribe obteve-se maior homogeneidade, caracterizando maior áreas com solos sem ou com pouca vegetação. Em Canindé houve maior heterogeneidade, com áreas de solos sem ou com pouca vegetação concentradas, especialmente no perímetro das áreas fortemente degradadas, bem como no município de Arneiroz.

A análise das áreas de interesse, bem como as demais áreas dos municípios elegidos, permitiram inferir a existência de significativas diferenças, apontando para indícios de maior vulnerabilidade como a presença dos baixos valores de NDVI e das altas temperaturas registradas no perímetro das áreas fortemente degradadas e susceptíveis a desertificação enquanto as demais áreas do município apesar de apresentarem indícios de degradação ainda contam com os melhores valores de NDVI e as temperaturas mais baixas. Em benefício da instalação dos empreendimentos de geração de energia solar fotovoltaica os mapas de declividade apresentaram o predomínio da classe Plano dentro das áreas fortemente degradadas, esse resultado representa que a instalação dos empreendimentos é viável até mesmo sem a necessidade de grandes obras para regulação do terreno.

Figura 04 - Distribuição dos valores do NDVI



Fonte: Autor (2019)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Postos os efeitos negativos que as áreas degradadas e susceptíveis aos processos de desertificação provocam para o meio ambiente e para o meio social, os esforços para atenuar os impactos gerados devem ser estimulados e multiplicados. Embora a região semiárida, que é predominante no Ceará, detenha maior susceptibilidade a esses



problemas há também a existência de grandes potencialidades como para a geração de energia solar, fonte renovável, que assim como as demais apresenta tendência de expansão. Nesse sentido a análise dessas áreas é imprescindível para não haver hesitação em acompanhar a tendência de expansão da energia solar enquanto se evita e minimiza os efeitos negativos produzidos sejam eles derivados dos processos de degradação e desertificação ou pela pressão de ocupação dos empreendimentos sobre áreas naturais e com aptidão agrícola.

Nessa perspectiva o uso das ferramentas do sensoriamento remoto permitiram a análise das áreas já estabelecidas como fortemente degradadas e susceptíveis a desertificação averiguando as diferentes situações das áreas com o intuito de validar sua ocupação pelos empreendimentos de geração de energia solar. Para esse fim foi demonstrado que as áreas de interesse possuem os menores valores de NDVI, que representa cobertura vegetal baixa ou ausente, conjuntamente com as maiores temperaturas. A respeito da viabilidade topográfica, houve o favorável predomínio da classe de declividade estabelecida como Plano para todas as áreas de interesse.

A análise de todas as áreas apresentaram grande semelhança, ainda que pertencendo a municípios e núcleos de desertificação diferentes. Nos três municípios foi visualizado características de vulnerabilidade, mas que podem ser revertidas por deterem viabilidade para a utilização dessas áreas na geração de energia solar fotovoltaica. O resultado da análise mostra a viabilidade da reabilitação das áreas pela geração de energia solar e tem o potencial de auxiliar o planejamento estratégico e à proposição de políticas que favoreçam o aproveitamento da potencialidade local, mesmo tratando-se de áreas fortemente degradadas, tencionando o desejável cenário de pleno desenvolvimento social e econômico aliado a um meio ambientalmente equilibrado.

REFERÊNCIAS

BORGES, E. F.; ANJOS, C. S. dos.; BAPTISTA, G. M. Análise multitemporal da temperatura de superfície no os Este da Bahia. **Anais...** XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. p. 6358-6264. Curitiba-PR, 2011.



BRASIL, 2004. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Programa de ação e combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca – PAN-Brasil**. Brasília: Edições MMA.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos, **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**, PAE-CE, Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente / Secretaria dos Recursos Hídricas, 372p. 2010.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Perfil Municipal Fortaleza**, 2014. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/perfil-basico-municipal-2014. Acesso em: 12 mai. 2015.

DIAS, Erika Rodrigues. Geração de Modelo Digital de Elevação utilizando dados do SRTM como subsídio ao planejamento e gestão territorial do município de Lucena (PB). **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, p. 151-159, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: **REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS**, 10., 1979, Rio de Janeiro. Súmula... Rio de Janeiro, 1979. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

FUNCEME; CGEE, 2015. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos; Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Mapa Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Ceará - 2015**. In: CGEE, 2016. Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

NASCIMENTO, R. L. **Energia solar no Brasil: situação e perspectivas**. Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, n. 55 61, p. 46, 2017. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_limp.pdf?sequence=1>, Acesso em 14/11/2019

PEREIRA, E. B; MARTINS, F.R.; ABREU, S. L. de; RÜTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006. 104 pp.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 127 p. il

UNCCD, **Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación**, 2007. Disponível em: <<https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/16add1spa.pdf>>. Acesso em 13 Nov. 2019.

KONZEN, G. Solar. In: TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética (2016). p.310–408.



KUINCHTNER, A.; TREVISAN, R. F. ; CAMPONOGARA, I. . **Adequação do Uso e Ocupação do Solo Urbano em Função da Declividade de Vertentes em Santa Maria/RS.** In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia I Encontro Sul-Americano, 2004, Santa Maria/RS. Adequação do uso e ocupação do Solo Urbano em Função da declividade de vertentes, em Santa Maria/RS, 2004.

Thiago Pereira Cunha - Graduando em Economia Ecológica pela Universidade Federal do Ceará - UFC e Técnico em Informática pela E.E.E.P. Ícaro de Sousa Moreira.

Recebido para publicação em 01 de Julho de 2020.

Aceito para publicação em 07 de Setembro de 2020.

Publicado em 30 de Setembro de 2020.