



ANÁLISE ESPACIAL DO CAMPO DE DUNAS DE PECÉM, BRASIL, A PARTIR DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO.

Isadora Bicho Emmendorfer¹, Miguel da Guia Albuquerque² & Jean Marcel de Almeida Espinoza³

¹ Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia do Rio Grande do Sul –IFRS. CEP: 96201-460-Rio Grande-RS, Brasil, emmendorferisadora@gmail.com

² Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia do Rio Grande do Sul –IFRS. CEP: 96201-460-Rio Grande-RS, Brasil, migueldaguia@gmail.com

³ Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia do Rio Grande do Sul –IFRS. CEP: 96201-460-Rio Grande-RS, Brasil, jean.espinoza@riogrande.ifrs.edu.br

RESUMO

As dunas costeiras são um dos ambientes mais afetados pelas ações humanas. Este estudo foi realizado próximo à localidade de Pecém, a qual está localizada no município de São Gonçalo do Almarante no Estado do Ceará/Brasil. O objetivo principal do trabalho foi mensurar a variação do campo de dunas durante o período de 1988-2018 na região de Pecém, contando com técnicas de sensoriamento remoto. Utilizou-se três imagens do sensor OLI do satélite Landsat 8, referentes aos anos de 2013, 2014 e 2018 e uma imagem do sensor TM do satélite Landsat 5 referente ao ano de 1988. Com essas imagens se efetuou o cálculo do NDSI (Índice de Neve ou branco por Diferença Normalizada) para obter a variação do campo de dunas. Além disso, utilizaram-se os dados LiDAR obtidos através de um projeto da SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente-Ceará) o ano de 2014 como forma aumentar a acurácia da classificação do solo. Nas imagens orbitais empregou-se uma técnica de detecção de mudança conhecida como vetor de mudança, e posteriormente aplicou-se o índice NDSI. Através das análises realizadas nas imagens de satélite, expressaram-se os resultados gerados em mapas. Por meios deles, caracterizou-se o aumento do campo de dunas em área ou a redução do campo de dunas. Além disso, indicaram-se através das imagens diferenças locais onde ocorreram essas mudanças, e também se conseguiu quantificar essa variação ao longo do tempo, obtendo-se uma redução de 64,58% para 18,23% do campo de dunas em 30 anos na região de São Gonçalo do Amarante, próximo a Pécem. Mediante esses

resultados, propôs-se divulgar para a população adjacente e também para os órgãos responsáveis, aconselhando medidas de manejo, pois é essencial preservar as dunas, visto que elas são responsáveis pela proteção da costa.

Palavras-chave: LANDSAT-5, LANDSAT-8, NDSI, Detecção de mudanças.

SPATIAL ANALYSIS OF THE DUNES FIELD OF PECÉM, BRAZIL, FROM REMOTE SENSING DATA.

ABSTRACT

Coastal dunes are one of the environments most affected by human actions. This study was carried out near the town of Pecém, which is located in the municipality of São Gonçalo do Almarante in the State of Ceará / Brazil. The main objective of this work was to measure the variation of the dune field during the period 1988-2018 in the Pecém region, using remote sensing techniques. We used three images of the OLI sensor of the Landsat 8 for the years 2013, 2014 and 2018 and an image of the TM sensor of the Landsat 5 satellite for the year 1988. These images were used to calculate the NDSI (Normalized Difference Snow Index) to obtain the variation of the dune field. In addition, the LiDAR data obtained through a 2014 SEMACE (State Superintendence of the Environment-Ceará) project were used as a way to increase soil classification accuracy. In the orbital images, a change detection technique known as a change vector was



used, and the NDSI index was later applied. Through the analyzes carried out on the satellite images, the results generated on maps were expressed. By means of them, it was characterized the increase of the field of dunes in area or the reduction of the field of dunes. In addition, differences were identified in the sites where these changes took place, and it was also possible to quantify this variation over time, obtaining a reduction from 64.58% to 18.23% of the dune field in 30 years in the region of São Gonçalo do Amarante, near Pécem. Through these results, it was proposed to divulge to the adjacent population and also to the responsible organisms, advising management measures, as it is essential to preserve the dunes, since they are responsible for the protection of the coast.

Key-words: Landsat-5, Landsat-8, NDSI, change detection.

INTRODUÇÃO

A zona costeira consiste em uma região de intensa dinâmica, a qual é definida pela interface entre o continente e o oceano (GUERRA, 2018). Inserido nas zonas costeiras estão as dunas que, segundo CADAVAL et al. (2015); CORDAZZO & SEELINGER, (1988), são caracterizadas como sendo depósitos de sedimentos, os quais são formados pela junção de três elementos: areia, vento e vegetação.

Com a intensificação dos processos de urbanização sobre as zonas litorâneas, em especial sobre as áreas próximas a dunas, diversas alterações em termos de aporte sedimentar e mudanças morfológicas têm sido identificadas CARBONI et al.(2009). Nesse sentido, a inserção de ferramentas de geoprocessamento, em especial do sensoriamento remoto, tem auxiliado no monitoramento das alterações ocorridas nesses ambientes.

Inserido no litoral oeste do estado do Ceará, a região do Pecém passou por diversas mudanças socioambientais oriundas da implementação de um Complexo Industrial Portuário. A instalação do

chamado Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) teve efeitos na base material e cultural da região. A construção do CIPP ajudou no desenvolvimento da região, trazendo investimentos para o comércio e setor imobiliário, gerando novos empregos ALCÂNTRA & AVELINO (2013).

Em termos ambientais, a CIPP influência no processo de sedimentação costeira na região de Pecém, no trabalho de (MAGNI *et al.*, 2013) descreveu que antes da década de 90 a praia de Pecém sofria com erosão, no entanto, após a construção da CIPP, ocorreu um aumento na sedimentação, e com isso, atualmente a Vila de Pecém encontra-se com um aumento na linha de costa. Com isso, os autores afirmam que a instalação do porto favoreceu a região de Pécem.

Neste sentido, medidas de planejamento ambiental, como a avaliação da suscetibilidade campo de dunas a intervenções antrópicas são essenciais para o monitoramento, por exemplo, da linha de costa. A partir do exposto, o presente estudo tem como intuito mensurar a variação temporal do campo de dunas da região próxima à Pecém, litoral oeste do estado do Ceará, utilizando imagens de satélites e dados LIDAR, considerando o método de detecção de mudanças.

Neste trabalho são apresentados como objetivos específicos: identificar, a partir de imagens orbitais dos satélites Landsat 5 (sensor TM), Landsat8 (sensor OLI) e dados lidar, as mudanças ocorridas nas dunas de São Gonçalo do Amarante próximo a Pecém com o uso de técnicas de detecção de mudanças; indicando as principais áreas onde ocorreram alterações no campo de dunas; detectando o cruzamento espacial da cobertura de dunas com as demais classes de cobertura espacial. Neste estudo, foram analisadas as mudanças na cobertura espacial das dunas, em área, demonstrando a variação espacial das dunas nessa região, durante o período analisado.



CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no campo de dunas situado próximo ao distrito de Pecém no município de São Gonçalo do Amarante - CE (Figura 01). A localidade apresenta uma população de aproximadamente 43.890 habitantes, segundo ao último censo realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano de no ano de 2010. (IBGE,2017) sendo que o distrito de Pecém contém 9156 habitantes (30% residentes em área urbana) e densidade demográfica de 81,7 hab./km².

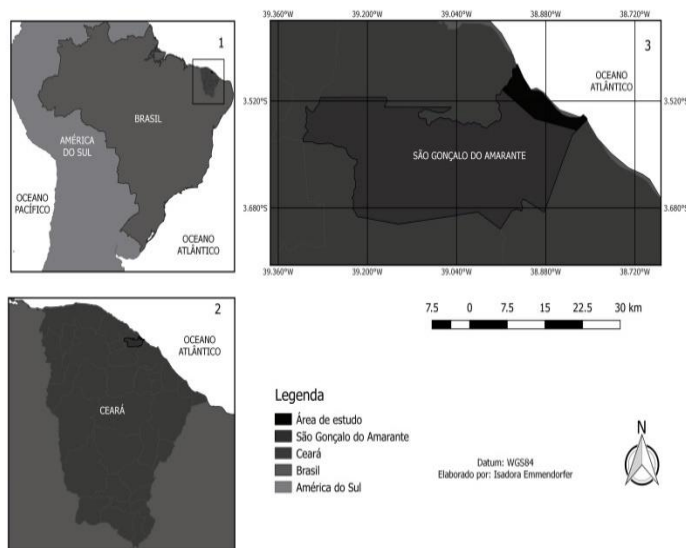


Figura 1 - Localização da área de estudo.

O clima do estado do Ceará é classificado como tropical semiárido, segundo a FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), a qual é o órgão estadual responsável pelo monitoramento meteorológico e climático para o estado do Ceará. No entanto, ao longo litoral há um predomínio de condições úmidas a semi úmidas, como por exemplo, no litoral de Fortaleza. (MOTA,2005). A região do Pecém, está localizada na área litorânea, portanto, apresenta um clima tropical subúmido, caracterizado como clima quente e chuvoso. A temperatura média varia entre 21,2°C a 30,7°C segundo, MOTA,(2005).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para a realização do trabalho foram: uma imagem do sensor TM (satélite Landsat-5) para o ano de 1988, três imagens do sensor OLI (satélite Landsat-8), referente aos anos de 2013, 2014 e 2018, uma imagem do sensor PRISM (satélite ALOS), dados LiDAR referente ao ano de 2014. Além disso, foram necessários os softwares: QGIS e o Multispec. Ambos os programas utilizados para o processamento e análise são softwares livres. É necessário ressaltar a importância da utilização dessas ferramentas de caráter livre e gratuita, as quais foram essenciais para as análises realizadas.

A metodologia deste trabalho foi dividida em duas partes: (1) o pré-processamento e o processamento das imagens dos sensores TM e OLI, e (2) o processamento dos dados LiDAR.

As imagens dos sensores TM e OLI foram obtidas através do site da *USGS -Earth Explorer* (USGS,2018) com o nível básico de processamento (Landsat 8 OLI/TIRS- collection 1- level-1). O período amostral compreende os anos de 2013, 2014 e 2018, da órbita (*path*) 217 e do ponto de coleta 63 (*row*). Os dados LiDAR foram obtidos junto a Superintendência Estadual do Meio Ambiente-Ceará.

Nas imagens dos sensores TM e OLI foi aplicado o pré-processamento, o qual consiste na etapa de preparação dos dados. Durante esta fase, foram empregadas técnicas visando melhorar a correção das imagens como: correção radiométrica e atmosférica, correção geométrica, realce, remoção dos ruídos e o correto registro (MOREIRA, 2007). A calibração radiométrica é processo de transformar os contadores digitais em valores de radiância espectral. Os fatores de calibração estão presentes no metadado da imagem.



Posteriormente foi realizada a correção atmosférica, a qual é feita para minimizar os efeitos da distorção radiométrica causada pela atmosfera, os quais são influenciados pelo comprimento de onda, a data do imageamento e trajetória da radiação. Entre as técnicas de propostas para a correção atmosférica, a técnica de subtração do escuro (*dark subtraction*) é uma das mais aceitas (MENESES & ALMEIDA, 2012).

Neste trabalho, utilizou-se a técnica de *dark subtraction*, a qual é estimada diretamente a partir dos contadores digitais da cena. Para realizar esse processo, selecionam-se locais da imagem onde a reflectância é nula (águas profundas e zonas de sombras), obtém o valor do contador digital mínimo desses alvos; após subtrair os valores do contador digital para todas as bandas da imagem. Como resultado, é obtido uma cena com redução do efeito atmosférico, este processo é descrito por (MENESES & ALMEIDA, 2012) e (ESPINOZA *et al.* 2017).

Em seguida, foi realizada a correção geométrica das cenas, a qual visa a representação espacial dos dados em um sistema de coordenadas geográficas padrão. A correção da imagem trata, da remoção dos erros introduzidos pelos campos de visada óptica do sensor. As principais fontes de distorções geométricas são devidas: a rotação da Terra, instabilidade dos eixos de posicionamento da plataforma, curvatura da Terra e campo de visada do sensor MENESES & ALMEIDA (2012). Para a realização da correção geométrica das imagens serão adquiridos pontos homólogos entre as cenas.

Para conseguir classificar e obter a área das dunas foi feito o cálculo do NDSI (Normalized-Difference Snow Index), ou índice de neve ou branco, o qual é um método utilizado para calcular um índice físico indicativo da presença de branco em um certo pixel. Esse índice pode ser expresso pela equação 1.

$$NDSI = \frac{(B_{green} - B_{Swir})}{(B_{green} + B_{Swir})} 1$$

Onde B_{green} indica a banda do verde, e B_{Swir} indica a banda do infravermelho próxima. Considerando a banda verde e do infravermelho próximo, os valores de NDSI obtidos estarão compreendidos entre o intervalo de -1 e +1. No estudo aplicou-se um limiar entre 0,45 e 0,7, ajustando-o conforme o histograma a imagem analisada, esse limiar foi utilizado por ESPINOZA *et al.*, (2017), para classificar a classe de dunas em comparação com as demais classes de cobertura espacial.

Para o cálculo do NDSI utilizou-se o método AVM (Análise de vetor de Mudança). Essa técnica calcula as mudanças radiométricas entre as bandas. O método AVM utiliza pares de imagens multiespectrais de datas diferentes, os quais servem para calcular os vetores das mudanças espectrais comparando com as magnitudes obtidas, considerando um limiar pré-determinado. Cada vetor é uma combinação de mudanças positivas ou negativas das bandas. E com esses vetores é possível caracterizar a variação LORENA *et al.* (2004).

Na figura 2, está representado o processamento das imagens orbitais dos sensores TM e OLI.

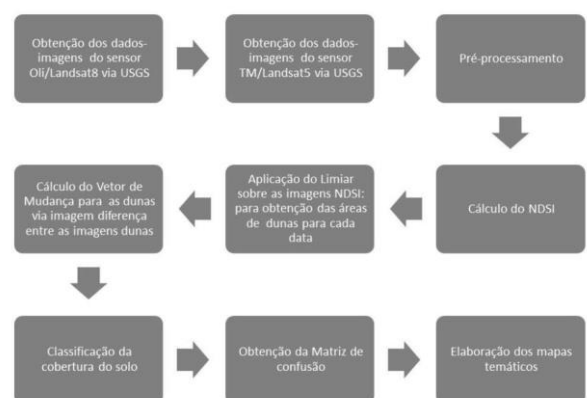


Figura 2 - Fluxograma do processamento das imagens orbitais dos satélites Landsat-5 e Landsat-8, dos sensores TM e o OLI.



Para realizar o processamento dos dados LiDAR foi necessário criar um mosaico, pois a região de estudo estava dividida em pequenas áreas. Esses dados apresentavam falhas, então para suprir essas falhas, foi necessário realizar o preenchimento de falhas utilizando dados ALOS-PRISM. Na figura 03, representa o processamento do dado LiDAR.



Figura 3 - Fluxograma do processamento do dado LiDAR.

A classificação orientada objeto foi realizada no software Multispec a partir das imagens previamente segmentadas com uso do algoritmo *Mean Shift*. O método utilizado para realizar a classificação das cenas segmentadas foi o de Mínima distância Euclideana (Minimum Euclidean distance) e a estatística utilizada para a análise de acurácia foi à estatística Kappa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 04 e na tabela I são representadas as variações das áreas de dunas para São Gonçalo do Amarante (Pecém), durante os anos de 1988, 2013, 2014 e 2018. Esses dados foram obtidos através do Cálculo do NDSI.

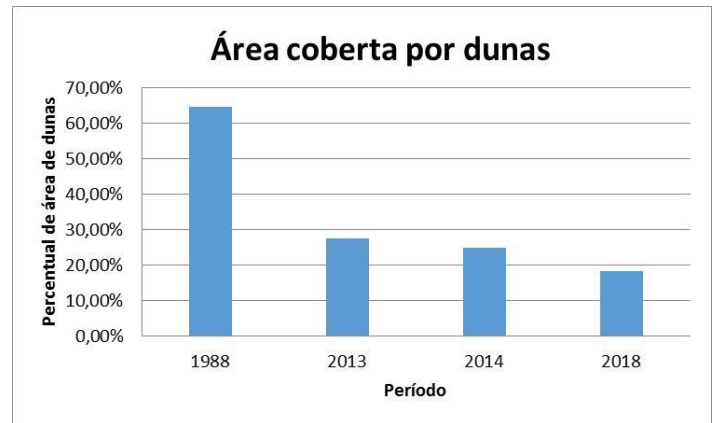


Figura 4 - Área de abrangência espacial das dunas no período estudado.

Ano	1988	2013	2014	2018
Área em hectares	4779.45	2035.44	1929.60	1349.19

Tabela I - Variação da área de dunas obtida através do cálculo de NDSI.

Observando-as, nota-se que em 1988 aproximadamente 65% da área do Litoral de São Gonçalo do Amarante era ocupada por dunas. No entanto, ao longo do tempo o campo de dunas foi reduzido, ficando com um percentual de ocupação menor que 20% em 2018, o qual representa aproximadamente 1.400 hectares, ou seja, Em 30 anos, o campo de dunas reduziu mais de 3400 hectares.

As figuras 05, 06 e 07, foram geradas através da diferença de entre as mascaras de dunas (polígono de mudança), ou seja, foi feito uma detecção de mudança, uma diferença entre imagens.

A figura 05 representa a localização das áreas reduzidas e/ou aumentadas para o período de 2013-2014. É possível perceber, que ocorreu uma variação no campo de dunas, no entanto, como o período não é muito grande, ocorreu pouca redução comparando com o período total de análise.

Analisando a figura 06, é possível perceber visualmente que há mais área em vermelho, a qual representa uma redução de área, as que áreas estão em azul representam o aumento de área. Com isso, é



possível observar a redução da área durante o período de 2014-2018, o qual está quantificado na tabela I.

A figura 07 representa visualmente a variação total da área de estudo durante esses 30 anos decorridos. Nota-se, que ocorreu uma redução significativa de área. Há lugares onde ocorreu o aumento, no entanto, a redução do campo é mais intensa.

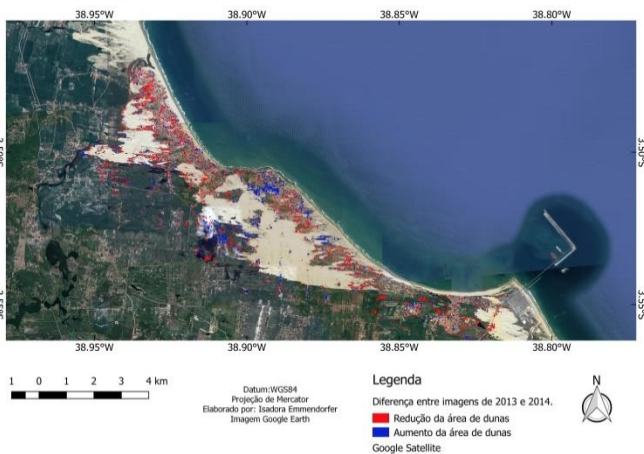


Figura 5 - Representação da Variação espacial do campo de dunas de São Gonçalo do Amarante no período de 2013-2014.

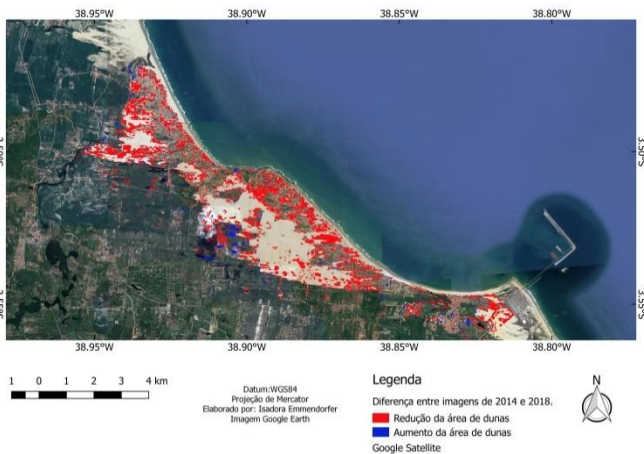


Figura 6 - Representação da Variação espacial do campo de dunas de São Gonçalo do Amarante no período de 2014-2018.

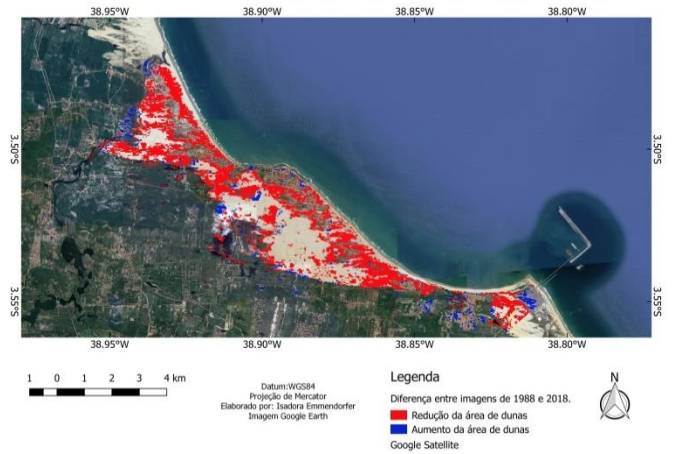


Figura 7 - Representação da Variação espacial do campo de dunas de São Gonçalo do Amarante no período de 1988-2018.

Nome da classe	Número da classe	Precisão de referência (%)	Número de amostras	Dunas	Oceano	Corpos d'água	Vegetação Arbórea	Vegetação Rasteira	Solo exposto (outros)
Dunas	1	100	117	117	0	0	0	0	0
Oceano	2	100,0	2356	0	2356	0	0	0	0
Corpos d'água	3	57,9	19	0	0	19	0	0	0
Vegetação Arbórea	4	100	139	0	0	0	139	0	0
Vegetação Rasteira	5	60,8	74	0	0	0	3	57	14
Solo exposto (outros)	6	81,9	116	0	0	0	0	8	108
TOTAL			2841	117	2356	19	142	65	121
		Precisão de confiabilidade (%)		97,9	97,7	100	99,3	60,2	77,9

Tabela II- Resultado da matriz de confusão (classificação dos vetores de superfície), segundo a imagem do sensor OLI do satélite Landsat-8.

Nome da classe	Número da classe	Precisão de referência (%)	Número de amostras	Dunas	Oceano	Corpos d'água	Vegetação Arbórea	Vegetação Rasteira	Solo exposto (outros)
Dunas	1	100,0	117	117	0	0	0	0	0
Oceano	2	100,0	2356	0	2356	0	0	0	0
Corpos d'água	3	84,2	19	0	3	16	0	0	0
Vegetação Arbórea	4	100,0	139	0	0	0	139	0	0
Vegetação Rasteira	5	79,7	74	0	0	0	3	59	12
Solo exposto (outros)	6	94,0	116	0	0	0	0	7	109
TOTAL			2841	117	2359	19	142	66	121
		Precisão de confiabilidade (%)		100	99,9	100	97,9	89,4	90,1

Tabela III- Resultado da matriz de confusão (classificação dos vetores de superfície), segundo o dado LiDAR.

Comparando as tabelas II e III é possível perceber que a precisão confiabilidade da classificação do dado LiDAR aumenta nas classes Dunas, Oceano, Vegetação Rasteira e Solo Exposto, fica estável em Corpos d'água e decai em Vegetação Arbórea. Obtendo respectivamente os valores :Dunas 97,9% para 100%; Oceano 97,9 para 99,9%; Vegetação Rasteira 60,2% para 89,4%; Solo Exposto 77,9 para 90,1%; Corpos d'água 100% fica estável e a Vegetação Arbórea decai de 99,73% para 97,9%.



Classificação da Área pelas classes analisadas-Landsat-8 -2014			
Classe	Número de amostras	Porcentagem	Área (Hectares)
1 Dunas	13.869	6,14	1.248,210
2 Oceano	17.0172	75,31	15.315,480
3 Corpos d'aguas	2.233	0,99	200,970
4 Vegetação Arbórea	19.453	8,61	1.750,770
5 Vegetação Rasteira	10.659	4,72	959,310
6 Solo exposto (outros)	9.584	4,24	862,560
Total	225.970	100,00	20.337,300

Tabela IV- Resultado total da classificação dos vetores de superfície, segundo a imagem do sensor OLI do satélite Landsat-8.

Classificação da Área pelas classes analisadas - Lidar			
Classe	Número de amostras	Porcentagem	Area (Hectares)
1 Dunas	11.870	5,23	1.068,300
2 Oceano	171.306	75,48	15.417,540
3 Corpos d'aguas	701	0,31	63,090
4 Vegetação Arbórea	20.896	9,21	1.880,640
5 Vegetação Rasteira	12.923	5,69	1.163,070
6 Solo exposto	9.248	4,08	832,320
Total	226.944	100	20.424,960

Tabela V- Resultado da matriz de confusão classificação dos vetores de superfície, segundo o dado LiDAR.

A tabela V apresenta a classificação final da área com os dados LiDAR. Nota-se, que os valores de Dunas, Corpos d'água e o Solo Exposto diminuíram em comparação do com valores obtidos através da classificação do Landsat-8 (Tabela IV). Considerando apenas os tipos de classes interessantes para a classificação do solo, ou seja, retirando a classe do oceano. Obteve-se que a classificação através dos dados LiDAR, as dunas reduziram de 24,85 % para 21,32%, o Solo Exposto de 17,16% para 16,63%, Corpos d'água de 4,01% para 1,26%. No entanto, os valores de Vegetação Rasteira aumentaram de 19,11% para 16,67% e a Vegetação Arbórea 34,86 % passou a 37,56%.

Comparando as tabelas IV e V percebe-se que ocorreram variações entre os resultados da classificação dos dados LiDAR e com classificação pela imagem orbital do sensor OLI do satélite Landsat-8. Essas variações eram esperadas, pois, o dado LiDAR auxilia na diferenciação de alvos semelhantes espectralmente, pois além da diferenciação pela

coloração do pixel, o dado LiDAR apresenta a elevação do terreno, então pixels os quais espectralmente são semelhantes, analisando sua elevação é possível diferenciar, por isso, ocorreu uma diminuição dos dados de Corpos d'água, dunas e solo exposto, e ocorreu um aumento nos dados de Vegetação Arbórea e Rasteira. Pois, o LiDAR realizou a classificação considerando o valor do pixel e a elevação, então diminui a confusão que poderia estar ocorrendo entre pixel semelhantes. Com isso, aumentou a precisão na confiabilidade (Estatística de Kappa).

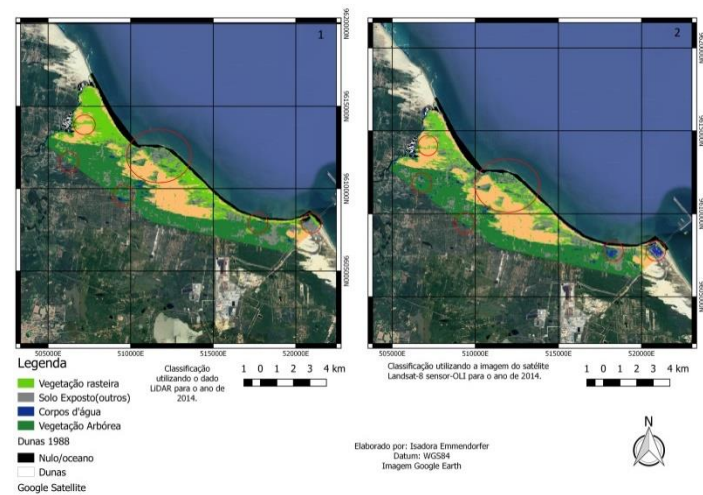


Figura 8 - Representação da ocupação do solo de São Gonçalo do Amarante pela imagem Landsat-8 sensor OLI para o ano de 2014 comparando com a classificação do dado LiDAR

A figura 08 é a representação visual do resultado obtido através da classificação realizada no software Multispec. Essa figura apresenta dois quadros, o quadro 1 contém o resultado da classificação utilizando o dado LiDAR. O quadro 2, apresenta a classificação realizada com a imagem do Landsat-8(OLI) para o ano de 2014, no mesmo período do dado LiDAR. Através dessas considerações, é possível comparar as classificações.

A classificação utilizando a imagem orbital reconhece alguns pontos como corpos d'água, no entanto, quando a classificação é feita com o dado LiDAR não ocorre o mesmo resultado, o LiDAR



reconhece como Vegetação Arbórea e/ou Solo Exposto, esse resultado é dividido o modo que classificação do dado LiDAR. A imagem orbital utiliza somente o valor do pixel. No entanto, a classificação realizada com o dado LiDAR utiliza tanto os valores dos pixels, como o valor da elevação da superfície. Com esses valores de elevação, é possível diferenciar valores de pixels semelhantes com valores de elevações distintas, e com isso o resultado da classificação do LiDAR é mais precisa do que a da imagem orbital.

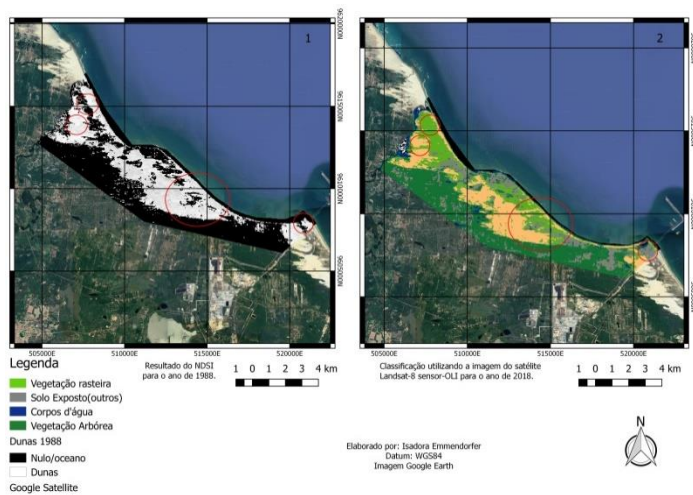


Figura 9 - Representação da ocupação das dunas de São Gonçalo do Amarante no ano de 1988 através do índice NDSI em comparação com a classificação da imagem 2018 do sensor OLI do satélite Landsat-8

A figura 09 demonstra a cobertura de dunas para o ano 1988 e a cobertura atual do solo para São Gonçalo do Amarante. A figura 09 está dividida em dois quadros, o quadro um representa a presença ou não presença de dunas, sendo em branco as dunas e em preto valores nulos. No quadro dois é representada a cobertura atual da área de estudo. Analisando rapidamente os círculos vermelhos na figura, percebe-se que onde eram dunas 1988 atual é Vegetação Rasteira e/ou Solo Exposto.

CONCLUSÃO

Estudos caracterizando a evolução da linha de costa estão sendo cada vez mais utilizados como ferramentas fundamentais para o manejo das regiões costeiras. Conhecer e compreender o comportamento das zonas costeiras facilita o entendimento possibilitando a intervenção, para solucionar os problemas relacionados aos processos erosivos.

Neste sentido, de caracterização da evolução da linha de costa existe o trabalho de (MAGNI *et al.*, 2013), já no caráter mais evolucionar da cobertura de dunas, existe o trabalho de (PINHEIRO, 2015), o qual utiliza imagens de satélite e fotografias área para caracterizar a evolução da cobertura espacial das dunas, este trabalho também caracteriza a região de Pecém, com uma diminuição da cobertura espacial. Além desses trabalhos, os quais utilizam métodos de sensoriamento remoto, existe um estudo de caráter social o qual, analisou o comportamento da comunidade local em relação a instalação e permanência do porto, este é o trabalho de (MATOS & ANDRADE, 2017).

O presente trabalho buscou identificar as mudanças ocorridas no campo de dunas e a sua sobreposição em relação à cobertura da superfície do entorno do campo dunar de Pecém, localizado na cidade de São Gonçalo do Amarante; com a realização do cálculo do NDSI para as imagens dos anos de 1988, 2013, 2014 e 2018 e também se realizou a classificação das imagens orbitais para os anos de 2014 e 2018 em conjunto com o dado LiDAR, referente ao ano 2014. Para assim conseguir classificar a cobertura espacial e comparar as diferentes classificações, sendo elas, a do Landsat-8 sensor OLI (2014) versus a do LiDAR(2014), e assim consequentemente sugerir qual o método mais preciso. Além disso, posteriormente foi feita a classificação dos vetores de superfície para o ano 2018 da cobertura do solo/espacial comparando com a



cobertura espacial de dunas que era encontrada para o ano 1988.

É necessário ressaltar que através da metodologia empregada, apenas expressamos os valores em área da ocupação das dunas, pois, os métodos aplicados não tinham como intuito quantificar o volume dunar, pois, para determina-lo, seria necessário utilizar mais de um Modelo Digital de Elevação. No entanto, o propósito do trabalho era analisar a mudança espacial das dunas e não caracterizar o terreno em uma forma de Modelo Digital Terreno.

Com isso, pode-se dizer que, a utilização dessa metodologia foi satisfatória, pois, conseguiu expressar a variação do campo de dunas em área durante o período estudado. Além disso, os dados LiDAR favoreceram na acurácia da classificação da ocupação da superfície. Dessa maneira, esses resultados poderão servir como subsídio para gestão e proteção das Dunas e de seus entornos.

Este trabalho também poderá ser utilizado para a realização de novas pesquisas que busquem também a realização de detecção de mudanças em um novo período, bem como pesquisas relacionadas à gestão ambiental desta unidade de conservação para que em conjunto possam auxiliar no monitoramento e na preservação do local estudado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará pela disponibilidade dos dados. E ao Departamento de Geoprocessamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - campus Rio Grande, pela infraestrutura e apoio.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTRA, Selma Maria Peixoto; AVELINO, Flávia Regina Fróes. Transformações socioambientais: uma visão sobre o desenvolvimento no Pecém. *Revista Gestão & Desenvolvimento, Fortaleza-CE*, v. 1, n. 1, p. 1-18, jan. 2013. Disponível em: <<http://institutoateneu.com.br/ojs/index.php/RGD/article/view/80>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

CARBONI, M. ; CARRANZA, M.L. ; ACOSTA A. Assessing conservation status on coastal dunes: A multiscale approach. *Landscape and Urban Planning*, 91: 17-25, 2009.

CADAVAL, B. M.; ALBUQUERQUE, M. G. Caracterização do comportamento do campo de dunas da praia do cassino (RS), região da Querência, após a passagem de tempestades. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v.1, n.1, p. 37-46, 2015.

CORDAZZO, C. V.; SEELINGER, U. Guia ilustrado da vegetação costeira do extremo sul do Brasil. Rio Grande. Universidade Federal do Rio Grande - FURG, 1988, 275 p.

Earth Explorer-USGS. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: Março de 2018.

ESPINOZA, Jean Marcel de Almeida; JR. PEREIRA, Adilson; FERREIRA, João Augusto de Carvalho. Análise Multitemporal da Cobertura de Dunas ao longo do município de São José do Norte/RS. 2017. 7376-7381 p. – Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR. INPE Santos-SP, Brasil. 2017. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/marte2/2017/10.27.16.20.36>> Acesso em: Maio de 2018 (ISBN: 978-85-17-00088-1)

GUERRA, R. G. P. Erosão de praia associada a evolução do esporão arenoso em Parajuru, Beberibe, Ceará. 2018. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas e Tropicais. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 211 p.



- LORENA, Rodrigo Borrego; SANTOS, João Roberto; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. Técnica de detecção de mudanças aplica em imagens de satélite como ferramenta de monitoramento de uso e cobertura da terra na Amazônia Ocidental (Acre). 2004. 47-76 p. – Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE) (s/d) – São Gonçalo do Amarante, Ceará, Brasil. IBGE. Brasil. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/sao-goncalo-do-amarante/panorama>. Acesso em: Jun. 2018
- INPE, Espaço e Geografia, São José dos Campos-SP, 2004. 7. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/espacoegeografia/index.php/espacoegeografia/article/view/36/35>>. Acesso em: 30 jun. 2018.
- MAGNI, Christiano; MARTINS, Antonio Harildes Oliveira ; PIMOMBEIRA, Erasmo da Silva. A infraestrutura portuária e suas influências na sedimentação costeira na vila do Pecém, Ceará, Brasil. 2013. 532-546 p. Departamento de Geologia - UFC, UNESP, São Paulo, 2013. 32. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/viewFile/7297/6741>>. Acesso em: 29 abr. 2018.
- MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de (Org.). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. 1. ed. Brasília: CNPq, 2012. 1-276 p. v.1. Disponível em: <http://memoria.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 30 jun. 2018.
- MOREIRA, Maurício Alves. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2007. 1-301 p. v. 1
- MOTA, ROBERTO FREITAS. Estudos geológicos-geofísicos da interface água doce/salgada em aquíferos da formação de barreiras no litoral da região de Caucaia e Pecém, Salvador-Bahia, jan./dez. 2005. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/23445>>. Acesso em: 30 jun. 2018.
- PINHEIRO, M.V.A. 2015. Evolução Geoambiental das dunas de transpasse do estado do Ceará. Dissertação de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. 149p.