



## **Ecosistemas (Trans)formados: Levantamento e avaliação da vegetação em formação por efeito de espigão costeiro na Península da Ponta D'areia, São Luís, Maranhão**

Claudio Urbano B. Pinheiro<sup>1</sup>; Heloísa Helena Vasconcelos de Aquino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dr. em Biologia, Professor Titular, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Campus do Bacanga, 65080-805, São Luís, Maranhão. [cpinheiro@elointernet.com.br](mailto:cpinheiro@elointernet.com.br). <sup>2</sup>Graduada em Biologia, Prefeitura Municipal de Paço do Lumiar, Maranhão. [aquinoheloisahelena@gmail.com](mailto:aquinoheloisahelena@gmail.com).

Artigo recebido em 08/07/2023 e aceito em 31/05/2024

### **RESUMO**

A ação do ser humano sobre a natureza, vem dando origem a novos ambientes. São Luís, capital do estado do Maranhão, tornou-se uma grande aglomeração urbana de grande ocupação espacial. Uma das áreas da cidade que sofreu transformações importantes na ocupação de seu solo, foi a região conhecida hoje como Península da Ponta D'Areia, onde o espigão costeiro foi construído. Esta obra foi concebida para conter o avanço da erosão do mar na região, bem como recompor a faixa de areia original do local. Por efeito do Espigão, um novo ambiente tem sido formado em área lateral à estrutura construída, em sua porção terrestre, atualmente com restinga incipiente. Com o objetivo de entender o caminho da colonização vegetal na área e o desenvolvimento do processo a partir da cobertura vegetal, oito áreas foram levantadas, registrando-se as tipologias em desenvolvimento e as espécies em instalação. O ambiente natural atual constitui uma estrutura física de arrumação e o ambiente biológico, incluindo microrganismos, flora e fauna, é estimulado pela arrumação física que se desenvolve. Na flora que se estabelece, vegetação herbácea de praias e dunas, vegetação arbustiva tipo escrube e formação arbórea baixa são as tipologias vegetacionais diferenciadas no ambiente em formação. Como esperado em áreas de sucessão, baixo número de espécies com elevado número de indivíduos por espécie. Entre as espécies registradas, as naturais do ambiente de restinga, mas também secundárias, invasoras e ruderais.

Palavras-chave: Vegetação; Restinga; Sucessão; São Luís; Maranhão.

### **Ecosystems (Trans)formed: Survey and evaluation of vegetation formation due to coastal spit effect on Ponta d'Areia Peninsula, São Luís, Maranhão.**

### **ABSTRACT**

The action of human beings on nature has given rise to new environments. São Luís, capital of the state of Maranhão, has become a large urban agglomeration of great spatial occupation. One of the areas of the city that underwent important transformations in the occupation of its soil was the region known today as the Ponta D'Areia Peninsula, where the Espigão Costeiro was built. This work was conceived, among other reasons, to contain the advance of sea erosion in the region, as well as to restore the original strip of sand in the area. As a result of the ridge, a new environment has been formed in an area lateral to the built structure, in its terrestrial portion, currently with incipient restinga. With the aim of understanding the path of plant colonization in the area and the development of the process from the plant cover, eight areas were surveyed, registering the typologies in development and the species in installation. The current natural environment constitutes a physical structure in arrangement and the biological environment, including microorganisms, flora and fauna, is stimulated by the physical structuring that develops. In the flora that is established, herbaceous vegetation of beaches and dunes, scrub-type shrubs and low tree formation are the differentiated vegetation types in the environment in formation. As expected in areas of succession, low number of species with high number of individuals per species. Among the recorded species, natural from the restinga environment, but also secondary, invasive and ruderal species.

Keywords: Vegetation; Restinga; Succession; São Luís, Maranhão.

## Introdução

A ação do ser humano sobre a natureza, vem dando origem a novos ambientes. É de fundamental importância, portanto, entender os processos que levam a essas transformações e, se possível, prever tendências e diminuir os impactos no ambiente. Essas mudanças tem ocorrido com especial frequência na zona costeira, uma vez que são essas áreas intensamente ocupadas, onde se concentra grande parte da população brasileira.

O Brasil apresenta hoje 26,6% da população em municípios da zona costeira, o equivalente a 50,7 milhões de habitantes (IBGE, 2010). Com o crescimento demográfico nas cidades, aumenta também a ocupação das áreas urbanas gerando conflitos com o meio ambiente. As alterações ambientais provocadas por atividades antrópicas são frequentes e significativas nos ambientes costeiros e acabam gerando crescentes pressões sobre os ecossistemas, levando à desestabilização progressiva de componentes biológicos, geomorfológicos e paisagísticos e, em última instância, à transformação desses ambientes.

O município de São Luís ocupa mais da metade (57%) da ilha de São Luís (834,8 Km<sup>2</sup>), e está localizado entre as coordenadas de S 02° 28' 12" e 02° 48' 09" e W 44° 10' 18" e 44° 35' 37". Com uma extensão de 583,06 km<sup>2</sup>, o município de São Luís tem os seguintes limites: ao Norte, o Oceano Atlântico; a Oeste, os municípios de Cajapió e de Alcântara; ao Sul, os municípios de Rosário e de Bacabeira; e a Leste, o município de São José de Ribamar.

A expansão urbana promove o desaparecimento gradativo do espaço rural da ilha de São Luís, evidenciado a partir de 1970, quando esse espaço correspondia a 80.212 ha, radicalmente alterado já em 1985, quando correspondia a apenas 8.909 ha, uma redução de 900,34% em apenas 15 anos (Costa et al., 2007). A partir daí, a dinâmica urbana e econômica da ilha foi intensificada, liderada pela capital maranhense, que concentrou a maior atrofia do espaço rural (Feitosa, 1989; GERCO, 1998).

A zona costeira da ilha de São Luís, no que se refere à especulação imobiliária e ao crescimento das áreas urbanas, acompanha o perfil do litoral brasileiro (Brito, 2009). A urbanização tem levado, com muita frequência, à poluição das águas costeiras, com comprometimento da balneabilidade das praias, além dos efeitos da pavimentação de ruas que resulta na impermeabilização do solo e na redução das áreas

de recarga de aquíferos, bem como a destruição de ambientes ciliares; além disso, a disposição inadequada de resíduos sólidos acaba por contaminar solo e recursos hídricos, sejam superficiais ou subterrâneos (Santos, 1993). As intervenções nas áreas urbanas do município e ocupações do seu território pelo crescimento da cidade implicaram em modificações que resultaram, em muitos casos, na formação de novos ambientes, ou ainda, na transformação dos ambientes originais com consequências imprevisíveis, positivas e/ou negativas.

Atualmente, São Luís tornou-se uma grande aglomeração urbana cujo crescimento demográfico está refletido na intensidade da ocupação espacial a partir da segunda metade do século XX. Uma das áreas da cidade que sofreu transformações importantes na ocupação de seu solo, verticalização de moradias, presença de estabelecimentos comerciais, turismo e lazer foi a região conhecida hoje como Península da Ponta D'Areia (Ribeiro Júnior, 1999; Coelho & Sales, 2017). A região da Ponta D'areia, nas décadas de 1950 e 1960, era ocupada por colônias de pescadores que faziam o transporte de pessoas em suas embarcações do centro para a praia. Essa era uma região estuarina que possuía uma exuberante vegetação (arbustiva e arbórea), além de dunas e restingas recobertas por vegetação característica desse tipo de ambiente (Prado, 2016). Com a construção da ponte José Sarney, conhecida como Ponte do São Francisco, no início da década de 70, por sobre o rio Anil, ligando a velha cidade a novas áreas, houve uma maior conexão entre o centro histórico e as praias, permitindo maior e mais fácil acesso a essa região. Inicia-se assim o processo de transformação da paisagem natural da região (Paiva, 2007; Coelho e Sales, 2017). A partir daí iniciou-se uma forte expansão urbana na área, notadamente entre os anos de 2004 e 2010, fruto do enorme incremento imobiliário na região, acarretando um crescimento de 52% na área urbanizada (Coelho e Sales, 2017). Entre 2004 e 2016 a área urbanizada da região cresceu 81%, aumento expressivo em pouco mais de 10 anos. Em 2014, foi entregue a obra do espigão costeiro da Ponta D'areia, obra concebida, dentre outras razões, para conter o avanço da erosão do mar na região, bem como recompor a faixa de areia original do local em prazo de 10 anos. Por efeito do espigão, um novo ambiente tem sido formado em área lateral à estrutura construída, em sua porção terrestre, atualmente com restinga incipiente (Marques, 2021). Além do espigão, foi feita a revitalização da área, urbanização direcionada ao

turismo com a construção de passeios e quiosques de alimentação. Hoje, a área é considerada um dos pontos turísticos da cidade de São Luís, movimentando pessoas atraídas pelas belas paisagens, música, esportes, alimentação e artesanato.

O homem, embora não consiga impedir diretamente as sucessões ecológicas, consegue reduzir a capacidade de sucessão dos ambientes por ações específicas em áreas, em condições de seu interesse. A ação antrópica também tem produzido novos ecossistemas, diferentes dos naturais. Nessas condições, ecossistemas mais frágeis e de baixa diversidade podem ser o resultado das intervenções humanas. Sem os mecanismos naturais de sucessão, esses ecossistemas podem não apresentar a complexidade estrutural natural esperada quando produzidos pelas ações naturais; assim, em tese, podem não estar efetivamente preparados para sustentar a vida. O fato é, que cada vez mais frequentemente, novos ambientes são formados por ações humanas diretas e indiretas. Podem ser produzidos em pouco tempo, ou podem cumulativamente, agregar condições e fatores que resultam em prazos mais longos, em novos ambientes; nova terra criada, com novos ecossistemas, dos quais não se conhece o comportamento.

Neste cenário de transformações este estudo teve como objetivo principal compreender os processos de modificações do ambiente, impulsionados pela ação antrópica. O resgate do passado (pelo curso histórico dos eventos) e a caracterização no presente (da vegetação em formação), resultarão no entendimento dos processos de transformação e formação destes ambientes para uso no planejamento do desenvolvimento regional. Mais especificamente, pretendeu-se: a) caracterizar o novo ambiente formado por efeito do espigão costeiro, na região da Península da Ponta D'areia, em São Luís; b) levantar e avaliar a vegetação formada e/ou modificadas neste novo ambiente, bem como a resultante transformação ambiental nessa área.

Para tanto, o trabalho teve como hipótese principal que os processos inerentes ao crescimento

demográfico e à urbanização na ilha de São Luís vêm produzindo transformações ambientais com a formação de novos ambientes e que estes podem ser caracterizados em seu desenvolvimento vegetacional.

## **Material e métodos**

### *Área de estudo*

Localizado na região da Península da Ponta D'Areia, cidade de São Luís, o espigão costeiro foi construído em 2014. De acordo com a Secretaria de Infraestrutura (SINFRA) tem 572 metros de extensão, a largura da estrutura varia de 7 metros no ponto mais próximo da terra a 13 metros. A altura, de 4 metros a 14 metros (Figura 1). A obra foi idealizada para evitar o avanço da erosão provocada pelo progresso das marés, aumentando a intensidade da erosão na parte terrestre da península, por redução da faixa de praia na área. A força das ondas já havia destruído parte da pista e ameaçava os prédios localizados no entorno. Além disso, a areia era arrastada das margens para o canal por onde passam as embarcações, prejudicando a navegação. (MARANHÃO, 2011; Cardoso et al., 2020; Marques, 2021).

O espigão costeiro da Ponta d'Areia é, portanto, uma estrutura com finalidade principal de proteger a costa da ação das ondas do mar, prevenindo erosão na parte terrestre da região por afastamento da linha d'água. O espigão foi desenhado para funcionar como uma espécie de muro de contenção, desviando o fluxo da maré e permitindo que a areia seja retida na costa, impossibilitando a erosão e aumentando a faixa de praia. A expectativa, segundo HM (2008), é de que haja aumento de uma faixa de praia permanente de até 70 metros de areia. Na área mais próxima do quebra-mar, a medida que a orla avança já é possível notar "engordamentos" (aumento do volume) em uma área na base do espigão (Figura 1). Esse avanço da faixa de areia é progressivo e atingirá sua plenitude em cinco anos segundo o projeto, podendo se estender em até 300 metros ao longo da orla. O aumento da faixa de areia na região tem criado um novo ambiente físico e biológico, com um novo sistema dunar (formado com o auxílio de paliçadas) e vegetacional na área adjacente.



Figura 1. Área de estudo: espigão costeiro, Península da Ponta D'Areia, São Luís, MA. (Fonte: Marques, 2021)

Na região da Península da Ponta D'Areia, até meados da década de 1970, haviam grandes faixas de areia em praia que se aproximava, em maré cheia, da faixa terrestre da península por um lado e de formações de manguezais pelo outro. Partes destas faixas

terrestres foram mais extensas, cobertas com vegetação. Com o processo de urbanização que se instalou na região, a faixa terrestre foi ocupada por avenidas e prédios residenciais que modificaram a paisagem geral (Figura 2).

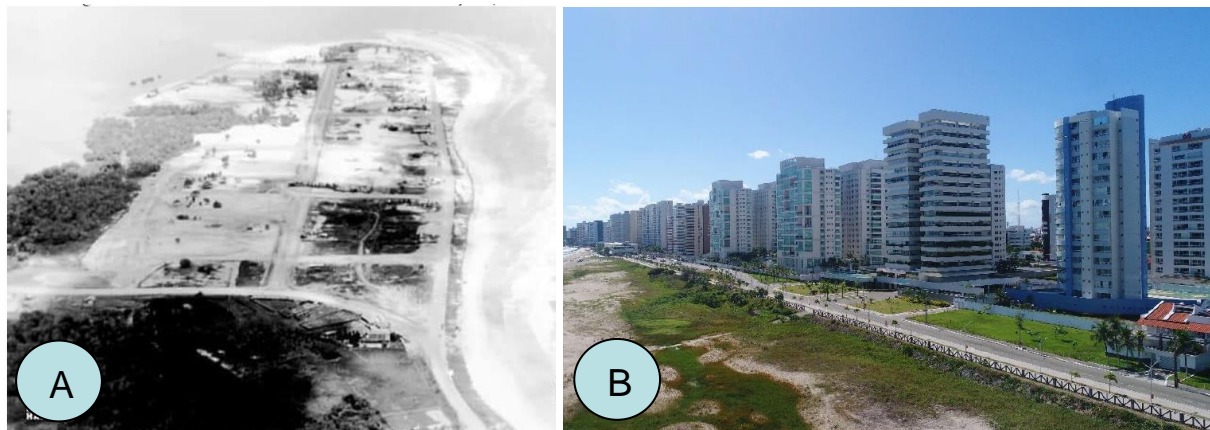


Figura 2. Península da Ponta D'Areia: A) Antes da urbanização da área (década de 1960); B) Paisagem atual da área urbanizada na Península da Ponta D'Areia (Fonte: Marques, 2021).

#### *Levantamento de espécies no ambiente em formação*

Considerando que a área do espigão costeiro é formada por um extenso campo de dunas, onde se estabeleceu vegetação em estágios iniciais de colonização, variados hábitos de crescimento (herbáceo a arbustivo, e até arbóreo, em alguns poucos pontos), optou-

se pelo formato de levantamento das espécies em transectos proporcionais à localização das formações vegetais, considerando o porte das mesmas e o nível de colonização no novo ambiente em desenvolvimento.

Como o objetivo não era quantificar as espécies e o número de indivíduos, mas sim levantar qualitativamente as espécies presentes nesta fase da formação do ambiente, embora

fazendo o registro quantitativo das principais espécies, optou-se pelo formato de levantamento, que não busca necessariamente o número de indivíduos de todas as espécies presentes. Primeiramente, porque o objetivo principal é entender o caminho da colonização vegetal na área e o desenvolvimento do processo a partir da cobertura vegetal. Em segundo lugar, porque são inúmeras as espécies herbáceas, especialmente gramíneas e ciperáceas, o que dificulta a quantificação do número de indivíduos por espécie. Desse modo, decidiu-se pelo registro da presença das espécies e a sua frequência na área de estudo. A área foi amostrada pelo método de parcelas (Braun-Blanquet, 1979; Schaeffer-Novelli &

Cintrón, 1986) para caracterização quantitativa e qualitativa das espécies vegetais principais e das áreas em estudo. As amostragens envolveram o levantamento e registro das espécies vegetais, número de indivíduos e estágios sucessionais, georreferenciando-se todos os locais de coleta. Com base nesses critérios e condições, foram levantadas oito áreas diferentes, com dimensões e características mostradas no Tabela 1 e Figura 3. As espécies levantadas foram classificadas segundo o APG IV (2016). Foi empregada estatística descritiva (número e percentual de indivíduos e espécies nas áreas levantadas.

**Tabela 1.** Dimensões e características das áreas de levantamento da vegetação no ambiente em formação do Espigão Costeiro.

Área	Dimensões	Características
01	20m x 36m (720m <sup>2</sup> ).	Contígua à passarela e base do espigão (2° 30' 14" S; 44° 19' 06" W). Primeira área de formação de dunas, com altura entre 2 e 4 metros; área originalmente protegida por paliçada.
02	33m x 500m (16.500m <sup>2</sup> )	Dunas formadas por efeito da paliçada, da base do espigão até linha do mar. Água do mar flui pelo enrocamento criando ambiente mais úmido e salino, em canal; espécies de mangue, <i>Sesuvium portulacastrum</i> e <i>Batis marítima</i> .
03	50m x 500m (25.000m <sup>2</sup> ).	Dunas formadas com 2-4 metros de altura. Salsa ( <i>Ipomeae pes-caprae</i> ) muito presente; ocorrência frequente de <i>Spartina</i> , principalmente no topo das dunas formadas; hábito prostrado; colonização inicial responsável pelos primeiros acúmulos de areia, desenvolvendo a formação de duna frontal.
04	15m x 400m (6.000m <sup>2</sup> )	Transecto lateral à avenida, em área de vegetação herbácea mais densa. Depressão entre enrocamento e dunas; condições de colonização mais avançada, com maior proteção contra vento e areia; predominância da Salsa Branca ( <i>Ipomeae alba</i> L.) e Salsa Roxa ( <i>Ipomeae pes-caprae</i> ).
05	50m x 350m (17.500m <sup>2</sup> )	Transecto frontal em área com entrada de água do mar canalizada por depressões entre dunas formadas. Colonização começa com <i>Spartina</i> e <i>Sesuvium</i> ; colonização por Salsa após o acúmulo de areia.
06	50m x 300 (15.000m <sup>2</sup> )	Transecto frontal em área com dunas frontais de 3-6 metros de altura. Cava central entre dunas, em área mais baixa, ocupada com <i>Spartina</i> , além de regeneração pontual de Mangue Branco ( <i>Laguncularia racemosa</i> ).
07	30m x 600 (18.000m <sup>2</sup> ).	Transecto lateral em vegetação herbácea e arbustiva mais desenvolvida, semelhantes à Área 4.
08	30m x 200 (6.000m <sup>2</sup> )	Transecto lateral em área de vegetação arbórea predominante; provavelmente área de aterro na borda da avenida, com Caju ( <i>Anacardium occidentale</i> ), murici ( <i>Byrsonima crassifolia</i> ), Ipê ( <i>Tabebuia</i> sp.) frequentes. Arborização e colonização natural de algumas espécies.
<b>Total</b>	<b>104.720m<sup>2</sup></b> <b>(10,47ha)</b>	Área total do levantamento das espécies em colonização do novo ambiente.



Figura 3. Localização das áreas de levantamento da vegetação no sistema dunar em formação na região do espigão costeiro da Península da Ponta D’Areia, São Luís, MA. (Imagem: Google Earth, 2023)

## Resultados e discussão

### *Sucessão vegetal na área de estudo – marco conceitual*

Sucessão ecológica é o nome dado à sequência de comunidades, desde a colonização até a comunidade clímax, de determinado ecossistema. O termo sucessão ecológica vegetal é usado para descrever processos de alteração na vegetação sobre várias escalas, tanto temporal, como espacial ou vegetacional. Na sucessão vegetal ocorre um processo de modificação progressiva na proporção e composição dos indivíduos de uma comunidade vegetal até que esta atinja um estado de equilíbrio dinâmico com o ambiente (Miranda, 2009).

As sucessões ditas primárias correspondem a instalações dos seres vivos em um ambiente que nunca foi habitado. As sucessões chamadas secundárias aparecem em um meio que já foi povoado, mas em que os seres vivos foram eliminados por modificações, sejam climáticas (glaciações, incêndios), ou geológicas (erosão), ou ainda, pela intervenção do homem (Frouz et al., 2016).

A sucessão vegetal secundária é o processo de regeneração natural da vegetação

original após distúrbio (desmatamento, queimada, aterros, etc.) com a ocupação de espécies que se sucedem no tempo e no espaço da área em sucessão. Como resultado da sucessão acontece a formação de diferentes grupos de espécies fisiologicamente adaptadas a condições ecológicas diferentes em cada fase do processo de sucessão (Finegan, 1996). O processo de colonização inicia-se com espécies pioneiras (espécies adaptadas às condições presentes). Estas criam condições adequadas de microclima e solo para estabelecimento de outros grupos de plantas, as secundárias, espécies que necessitam de menos luz e melhores condições de solo. Esta sequência sucessional evolui até o estágio final (clímax), representado por um grande número de espécies constituídas por poucos indivíduos, portanto, com maior diversidade (Finegan, 1996).

A sucessão primária em restinga, conforme estabelecido e descrito pelo CONAMA, é discutida neste estudo com base em parâmetros definidos para o estado de São Paulo (Resolução CONAMA No 07 de 23/07/1996); para a vegetação de restinga da Mata Atlântica (Resolução No 417, de 23/11/2009); e, mais proximamente ao Maranhão, pela lista de espécies indicadoras

dos estágios sucessionais de restinga para o estado do Piauí (Resolução CONAMA No 445 de 30/12/2011).

***Sucessão em novos ambientes – os elementos de atuação***

Não somente os elementos biológicos da sucessão (plantas e animais) definem o caminho e as características sucessionais na área em formação. O formato físico do sistema dunar, suas elevações e planícies formadas pelo desenho resultante da direção das correntes, a localização das paliçadas, do rumo e intensidade dos ventos, além dos caminhos encontrados pela água adjacente estruturam o formato, e favorecem ou desfavorecem interações e dispersões, resultando em acomodações ou modificações na forma, tamanho e topografia da área. A construção do novo ambiente pode envolver também sucessivas desconstruções.

Na fase inicial da sucessão, quando a areia começa o seu acúmulo na área, uma estrutura física em arrumação é o que se apresenta, com seus componentes minerais e químicos. Contudo, o acúmulo de material por si só, não estimula a formação do novo ambiente em sua parte biológica. Com a intemperização dos materiais e as adições biológicas de microrganismos, as contribuições de pássaros e outros dispersores de sementes, além da própria conformação do local (ao produzir canais ou outras vias de comunicação com a água), produz progressiva modificações que permitem a vinda e a permanência de novos organismos, especialmente os vegetais, estabelecendo as condições de suporte necessárias, à nova biodiversidade, até que aconteça a estabilidade do sistema (Pandolfi et al., 2020).

O homem, embora não consiga impedir diretamente as sucessões ecológicas, consegue reduzir a capacidade de sucessão dos ambientes por ações específicas em áreas, em condições de seu interesse. A ação antrópica também tem produzido novos ecossistemas, diferentes dos naturais. Nessas condições, ecossistemas mais frágeis e de baixa diversidade podem ser o resultado das intervenções humanas. Sem os mecanismos naturais de sucessão, esses ecossistemas podem não apresentar a complexidade estrutural natural esperada quando produzidos pelas ações naturais; assim, em tese, podem não estar efetivamente

preparados para sustentar a vida. O fato é, que cada vez mais frequentemente, novos ambientes são formados por ações humanas diretas e indiretas. Podem ser produzidos em pouco tempo, ou podem cumulativamente, agregar condições e fatores que resultam em prazos mais longos, em novos ambientes; nova terra criada, com novos ecossistemas, dos quais não se conhece o comportamento (McCarroll et al., 2020).

***Sucessão vegetal em ambientes costeiros – a vegetação de restinga***

A vegetação de restinga propriamente dita consiste do conjunto de comunidades vegetais, distribuídas em mosaico, associado aos depósitos arenosos costeiros quaternários e aos ambientes rochosos litorâneos – também consideradas comunidades edáficas – por dependerem mais da natureza do solo do que do clima. É encontrada nos ambientes de praias, cordões arenosos, dunas, depressões e transições para ambientes adjacentes, podendo apresentar, de acordo com a fitofisionomia predominante, estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, este último mais interiorizado (MMA - Resolução CONAMA No 417, de 23/11/2009).

Os ventos e um número de espécies são reconhecidamente importantes como de efeitos estimuladores nos processos sucessionais em restingas. Depressões na área em formação são pontos importantes de estímulo ao processo por concentrar umidade, estimulando um maior número de espécies nestes pontos e, em consequência, mais matéria orgânica, o que condiciona uma fertilidade melhor nestes pontos. As espécies herbáceas desbravam os ambientes em formação, em condições totalmente desfavoráveis. Enfrentam os ventos, sempre mais fortes nas áreas próximas ao mar, recorrendo à produção de folhas coriáceas e resistentes, que constituem ainda, pontos de eliminação de sal. As raízes superficiais produzidas têm que ser, ao mesmo tempo, rápidas na absorção de água e algum nutriente e sais minerais, e fortes para fixar e manter a planta no solo, resistindo ao vento e à água de inundação de marés (Santos Filho et al., 2013; Monteiro et al., 2014)).

Algumas espécies em particular, são reconhecidas como importantes na sucessão de restingas. Espécies de fotossíntese do tipo CAM, em ambientes desfavoráveis, constituem um importante mecanismo para o sucesso

dessas espécies nestes ambientes. Espécies com folhas carnosas constituem uma vantagem adicional para acúmulo de água em condições onde a água pode ser pouca e rapidamente drenada no solo arenoso. Outro grupo importante nos processos de sucessão das restingas são bromélias que, embora epífitas, podem se desenvolver com sucesso nestes ambientes em formação, capturando água e nutrientes de chuvas com suas folhas em roseta, produzindo pontos de sombra e umidade, além de garantir ambientes de abrigo, alimento e reprodução para muitos organismos (Loureiro *et al.*, 2022).

Várias espécies leguminosas são conhecidas nitrificantes do solo ao capturarem nitrogênio do ar (N<sub>2</sub>), transformando e disponibilizando em suas formas assimiláveis de nitrato (NO<sub>3</sub>) e amônio (NH<sub>4</sub>). São importantes, portanto, nos processos de sucessão, em especial onde os ambientes são pobres em nutrientes, como as areias (Pandolfi *et al.*, 2020).

Não somente as espécies vegetais e os ventos são importantes nos processos de colonização nas restingas. Os agentes polinizadores e dispersores de sementes são vitais para o estabelecimento e

desenvolvimento dos processos sucessionais em restingas. Embora os insetos e outros animais possam exercer papel importante e complementar nas restingas, o vento, indiscutivelmente, tem sido aproveitado pelas espécies na polinização e dispersão das sementes produzidas. É matéria prima abundante e eficiente no ambiente em formação.

### ***Descrição das condições ambientais na área do Espigão Costeiro***

#### ***a) Área de dunas frontais formadas***

Embora a área total pareça ser um grande acúmulo de areia a partir do efeito do espigão, efeitos localizados são visíveis em diferentes partes da areia acumulada. Assim é que na areia acumulada na área frontal do novo ambiente, depois do efeito acumulador das paliçadas, efeitos mais localizados e mais naturais têm acontecido. Pequenos grupos de *Spartina* já estimulam novos acúmulos de areia, inicialmente tímidos, mas que, com o passar do tempo e o efeito do vento, se tornam mais naturais, iniciando dunas frontais em muitos pontos da linha da praia (Figura 4).

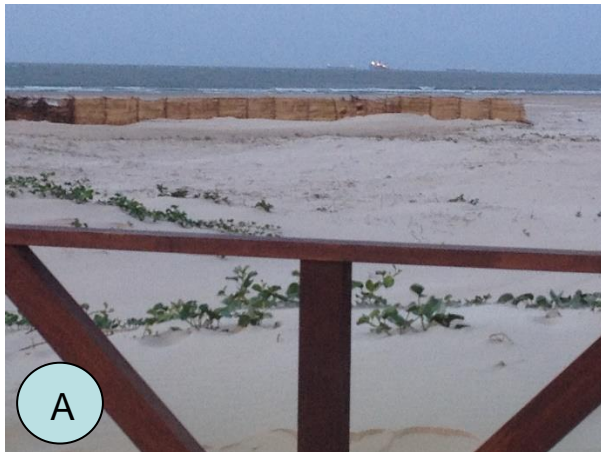




Figura 4. Aspectos do desenvolvimento e estado atual do sistema de dunas frontais formadas na região do espigão costeiro: A) e B) Fase de uso de palçadas; C e D) Dunas frontais formadas.

**b) Interior do ambiente em formação**

Mais ao interior do novo ambiente em formação, o formato e o contorno das novas dunas, ganhando altura, deixam espaços entre elas que funcionam como canais entre dunas que movimentam água do mar e propágulos de muitas espécies. Entre estas, espécies de mangue em significativas regenerações em espaços improváveis de desenvolvimento, segundo o que se espera normalmente destas espécies. *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* em reboleiras de plântulas e indivíduos jovens em meio à areia acumulada (Spalding & Maricé, 2021; Ximenes et al., 2023). Pouco provável que cheguem à fase adulta, uma vez que as condições inerentes a um manguezal não existirão. Contudo, são visíveis as contribuições que prestam à formação do novo ambiente com retenção de umidade, sombra, estímulo ao crescimento de espécies herbáceas, microclima localizado, abrigo para organismos, alimento,

entre outros aspectos. Em muitos destes pontos, concentrações de gramíneas e ciperáceas criam condições para a germinação e estabelecimento de espécies de fases seguintes da sucessão. *Spartina* é certamente uma destas espécies favorecedoras do processo de sucessão vegetal no novo ambiente. Sua concentração em muitos pontos, desde as partes frontais até às partes mais internas, criam condições diferenciadas de favorecimento aso processos e espécies seguintes; a Salsa (*Ipomeae pes-caprae*), uma das espécies mais presentes, mais frequentes e, certamente, uma das mais importantes na formação do novo ambiente, visivelmente favorecida pela instalação da *Spartina* em fase anterior a sua. Esta espécie faz a cobertura e a fixação da areia nos pontos mais altos e mais susceptíveis contribuindo para a colonização pela Salsa nos pontos mais baixos, processo que favorece também outras espécies herbáceas (Figura 5).

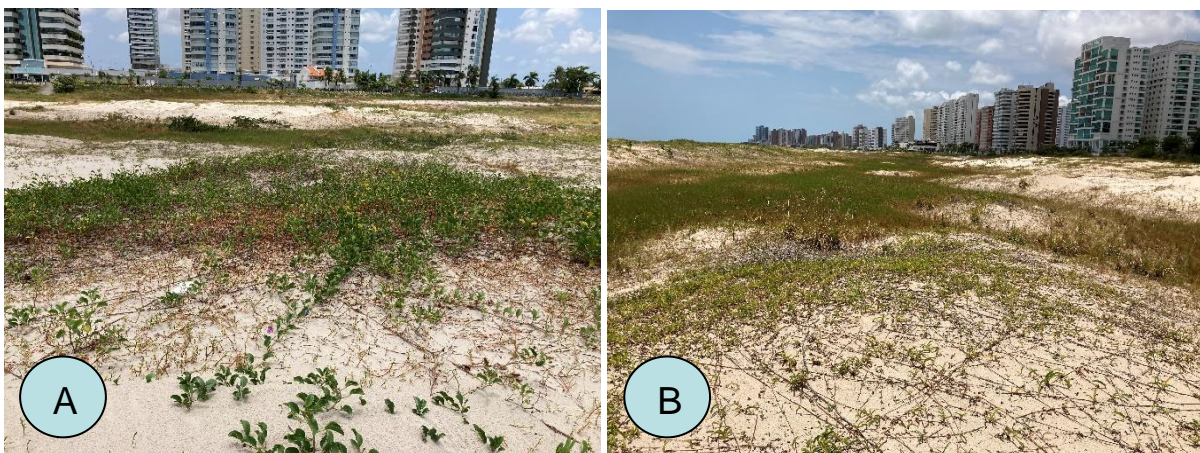


Figura 5. A) Desenvolvimento da salsa (*Ipomeae pes-caprae*) favorecida pela ocorrência de *Spartina alterniflora* em dunas na área; B) Proliferação da Salsa na área.

**c) Proximidades da estrutura do Espigão**

Nos pontos mais próximos do corpo do espigão, água do mar flui por baixo da estrutura de enrocamento criando um ambiente mais úmido, salino e mais baixo que o nível geral ao longo da lateral da estrutura. Em resultado, forma-se ambiente de maior provimento e retenção de umidade em formato de canal, propiciando condições (pelo menos temporárias) à formação de mangue em

pequenos lotes, a partir da intensa germinação de propágulos. Em consequência ao microambiente criado, intensa colonização por *Sesuvium portulacastrum* e *Batis maritima*, nos limites das concentrações de plântulas e indivíduos jovens de Mangue Branco (*Laguncularia racemosa*). Os propágulos chegam a estes pontos pela canalização produzida nestas áreas mais baixas pela entrada do mar nas marés altas (Figura 6).



Figura 6. Aspecto de canal formado entre a estrutura de enrocamento do espigão com dunas laterais formadas pela retenção de areia por paliçadas: A) Paliçadas laterais; B) Dunas laterais formadas.

**Infestação e Efeito de Espécie Invasora na Área em Formação**

No processo de sucessão, elementos vegetais presentes no novo ambiente em formação também podem ser desfavoráveis. *Cuscuta racemosa* Mart. (Convolvulaceae), conhecida como Fios de Ouro, é uma espécie trepadeira e também parasita, tornando-se uma espécie invasora de grande agressividade. Não possui folhas, nem sistema radicular verdadeiro; seus caules são em forma de fios alaranjados, com múltiplas ramificações. Possui órgãos de sucção com os quais ataca o hospedeiro (INSTITUTO HORUS, 2018, 2021; Fabricante et al., 2021). Ela envolve toda a planta hospedeira, perfurando-a para obter os nutrientes necessários. Nos ramos da planta parasitada, suas ramificações se fixam, emitindo de um a vários haustórios para dentro do órgão parasitado. Toda amarela, não tem clorofila e, portanto, incapaz de fotossintetizar. Porém, dados indicam que ela é capaz de fixar CO<sub>2</sub> e provavelmente usa capacidade fotossintética depois da morte da planta hospedeira. É considerada uma das piores parasitas que existem no Brasil, na atualidade

(Rejmanek e Richardson, 1996; Waage, 2001; Pinheiro e Linhares, 2019).

*Cuscuta racemosa* está atuando na área de estudo como um fator negativo ao desenvolvimento da sucessão vegetal. Devido à sua agressividade e efetividade em seu parasitismo e capacidade invasora, está retardando a sucessão em muitos pontos da área, ao provocar a morte de muitos indivíduos de espécies importantes da colonização inicial, tais como a Salsa (*Ipomeae*) e outras espécies herbáceas e arbustivas. Grandes manchas negras, com aspecto de queimadas, podem ser facilmente distinguidas em muitos pontos da área. Estas manchas são o resultado do parasitismo de *C. racemosa* e morte das espécies parasitadas. A intensidade e frequência com que aparecem na área mostram bem o estrago produzido e o atraso que resulta no processo sucessional como um todo. As espécies parasitadas são importantes nas fases iniciais da colonização do novo ambiente; o atraso produzido no desenvolvimento normal destas espécies seguramente reflete no desenvolvimento do ambiente como um todo. No total aproximado de 10 hectares de área

levantados no ambiente em formação, foram registrados aproximadamente 2,5 hectares de

infestação e estragos por *Cuscuta racemosa* (Figura 7).

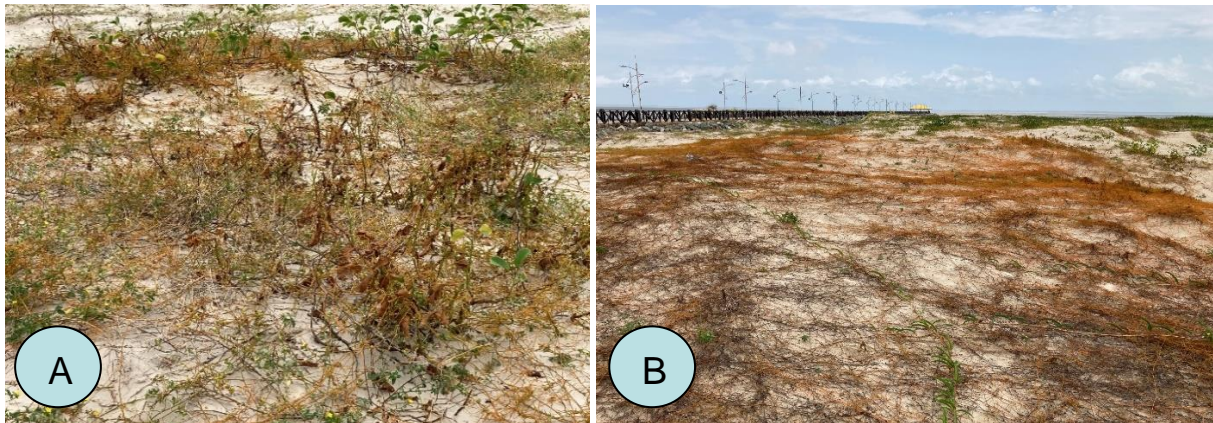


Figura 7. A) Intensa infestação por *Cuscuta racemosa*; B) Efeito danoso do parasitismo sobre as espécies herbáceas da área.

### ***Sucessão vegetal em restingas - enquadramento legal***

Para o Maranhão, não existe a definição de parâmetros para análise dos estágios de sucessão da vegetação de restinga. Contudo, estes parâmetros foram definidos para o estado de São Paulo (Resolução CONAMA No 07 de 23/07/1996); para a vegetação de restinga da Mata Atlântica (Resolução No 417, de 23/11/2009); e, mais proximamente ao Maranhão, a lista de espécies indicadoras dos estágios sucessionais de restinga para o estado do Piauí (Resolução CONAMA No 445 de 30/12/2011). As características sucessionais principais, segundo as resoluções mencionadas, são apontadas e confrontadas com as espécies registradas na área de estudo.

#### ***a) Resolução CONAMA No 07 de 23/07/1996 (restinga no Estado de São Paulo)***

Segundo os parâmetros definidos para o estado de São Paulo, as formações de restinga, para efeito da resolução, são divididas em: Vegetação de Praias e Dunas, Vegetação Sobre Cordões Arenosos e Vegetação Associadas a Depressões. A dinâmica sucessional da restinga paulista para estas fases, interessantes ao estudo, foi caracterizada conforme resumido a seguir.

A Vegetação de Praias e Dunas, por ocorrer em áreas em contínua modificação pela ação dos ventos, chuva e ondas, caracteriza-se como vegetação em constante e rápido dinamismo, mantendo-se sempre como vegetação pioneira de primeira ocupação, o que é denominado como clímax edáfico, por ser o

solo um fator preponderante no processo (com influência também das marés); por estas condições, a resolução não considera esta fase como um estágio sucessional. A vegetação, ainda assim, é caracterizada por faixas, sendo: o estirâncio (zona entre marés), onde podem ocorrer criptógamas e fungos (estes raramente observáveis a olho nu); na zona posterior, espécies herbáceas estoloníferas e rizomatosas, comuns em touceiras, esparsamente distribuídas; o estrato herbáceo é predominante em dunas. Nestas áreas não há serapilheira formada, muito menos um sub-bosque.

A Vegetação sobre Cordões Arenosos é definida principalmente como Escrube; na sua fase inicial, de interesse da pesquisa em relato, caracterizaremos o que, segundo a resolução, é entendido como vegetação primária ou original na sucessão da restinga. A vegetação de Escrube considerada original nesta área, tem predominância de arbustos (embora espécies herbáceas também possam ser frequentes) formando moitas intercaladas com espaços abertos ou aglomerados de vegetação. Embora uma camada fina de serapilheira já possa ser registrada, especialmente sob as moitas, não há condições ainda na vegetação para um sub-bosque. No estrato herbáceo pode haver predominância de gramíneas ou ciperáceas, no estrato herbáceo-arbustivo, qualquer uma das espécies ocorrentes pode predominar.

#### ***b) Resolução No 417, de 23/11/2009 (restinga na Mata Atlântica)***

Na resolução que estabelece parâmetros básicos para análise e definição de vegetação primária e

dos distintos estágios sucessionais secundários da vegetação de restinga na Mata Atlântica, os aspectos mais relevantes e interessantes para este estudo são a seguir resumidos.

A resolução define Vegetação Primária como aquela de máxima expressão local, com grande diversidade biológica, sendo os efeitos das ações antrópicas mínimos, a ponto de não afetar significativamente suas características originais de estrutura e de composição de espécies. No ambiente novo em formação no espigão costeiro, o processo em si consiste de sucessão primária que levará à formação desta vegetação, aqui definida como primária. A Vegetação Secundária ou em Regeneração é dita ser aquela resultante dos processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer espécies remanescentes da vegetação primária. Nesta resolução, a vegetação de restinga é apresentada como:

- a) Vegetação herbácea e subarbusciva de restinga: com espécies herbáceas ou subarbuscivas, ocorrendo em praias, dunas frontais e internas, lagunas e suas margens, planícies e terraços arenosos, banhados e depressões. Nestas condições, é dinâmica, mantendo-se sempre como vegetação pioneira de sucessão primária (clímax edáfico), inexistindo estágios sucessionais secundários.
- b) Vegetação arbustiva de restinga: vegetação constituída predominantemente por plantas arbustivas apresentando até 5 (cinco) metros de altura, com possibilidade de ocorrência de estratificação, epífitas, trepadeiras e acúmulo de serapilheira, sendo encontrada em áreas bem drenadas ou paludosas, principalmente em dunas semifixas e fixas, depressões, cordões arenosos, planícies e terraços arenosos;
- c) Vegetação arbórea de restinga: com fisionomia arbórea, estratos arbustivos e herbáceos geralmente desenvolvidos e acúmulo de serapilheira, comportando também epífitas e trepadeiras. Adicionalmente, a resolução descreve tipologias de transição entre restinga e outras tipologias vegetacionais, o que não interessa a este estudo e seus propósitos.

**c) Resolução CONAMA No 445 de 30/12/2011 (lista indicadora de restinga no Estado do Piauí)**

Para o estado do Piauí, pela Resolução CONAMA 445/2011, foi elaborada a lista de

espécies consideradas indicadoras dos estágios sucessionais na vegetação de restinga, nas condições do estado. Esta lista segue a classificação constante na resolução 417/2009 (restinga da Mata Atlântica), anteriormente descrita (Vegetação Herbácea e Subarbusciva de Restinga; Vegetação Arbustiva de Restinga; e Vegetação Arbórea de Restinga). Nestas tipologias, as espécies são listadas em estágios primário e inicial de regeneração da vegetação. A proximidade geográfica e de condições costeiras com o estado do Piauí anima o uso da caracterização sucessional para o estado do Maranhão, no caso específico, a região do espigão, em São Luís.

**Descrição da vegetação incipiente no ambiente formado do espigão costeiro**

A classificação das tipologias neste estudo, portanto, foi realizada segundo a classificação nas resoluções CONAMA e KUSTER (2010; Opolski-Neto & Melo Júnior, 2022; Tietz et al., 2023), distinguindo-se as seguintes formações vegetais incipientes na área em transformação na região do espigão costeiro:

**a) Praia e dunas**

Nas primeiras faixas de areia da região pós-praia, ocorre uma formação de plantas predominantemente herbáceas, muitas providas de estolões ou de rizomas, com distribuição esparsa. Por ocupar áreas em contínua modificação pela ação dos ventos, chuva e ondas, essa formação mantém-se sempre como vegetação pioneira de primeira ocupação. Espécies frequentes e indicadoras dessa formação são: *Blutaparon portulacoides*, *Ipomoea pes-caprae*, *Hydrocotyle bonariensis*, *Centella asiatica*, *Remireia maritima*, gramíneas (*Panicum spp.*, *Spartina spp.*, *Paspalum spp.*, *Stenotaphrum secundatum*), *Dalbergia ecastaphyllum*.

**b) Entre cordões arenosos**

Formação de fisionomia herbáceo-arbusciva (até 1,5 m de altura, no máximo) que ocorre sobre substrato arenoso, encharcado, com matéria orgânica incorporada. A diversidade de espécies é baixa, sendo que as mais características são: *Xyris spp.*, *Drosera capillaris*, *Lycopodium alopecuroides*, *Syngonanthus chrysanthus*, *Utricularia spp.*,

*Triglochin striata* e diversas ciperáceas (*Eleocharis* spp., *Cyperus* spp.).

**c) Escrube**

Formação ainda incipiente na área; mais próxima da borda da avenida. Formação com fisionomia arbustiva, com 3m-4m de altura, formando um maciço contínuo ou moitas intercaladas com trechos de areia exposta. Espécies arbustivas características e indicadoras dessa tipologia são: *Dalbergia ecastaphyllum*, *Schinus terebinthifolia*, *Guapira opposita*, *Varronia curassavica*, *Sophora tomentosa*, *Psidium cattleyanum*, *Gaylussacia brasiliensis*, *Tibouchina clavata*. Dentre as espécies herbáceas indicadoras podem ser citadas: *Epidendrum fulgens*, *Rumohra adiantiformis*, *Quesnelia arvensis*, *Dyckia encholirioides*.

**d) Formação arbórea**

Grupo agregado de espécies arbóreas na borda da avenida; modificações por aterros, construção e outras modificações favorecem o desenvolvimento parcial desta formação. Árvores com dossel baixo (cerca de 7m) e relativamente aberto. Os estratos arbóreo e arbustivo são predominantes nesta faixa, sendo que o sub-bosque é dificilmente visualizado. O substrato é seco e arenoso. São frequentes as mirtáceas (*Psidium cattleyanum*, *Eugenia* spp., *Myrcia* spp.), além de *Clusia criuva*, *Ternstroemia brasiliensis*, *Geonoma schottiana*, entre outras. Epífitas estão presentes em profusão, principalmente as bromeliáceas, orquídeas, aráceas, gesneriáceas e peridófitas. As tipologias de vegetação presentes são mostradas na Figura 8.



Figura 8. Tipologias de vegetação de restinga em formação na área do espigão costeiro: A) Herbácea em dunas frontais; B) Herbácea entre cordões arenosos; C) Escrube – vegetação predominantemente arbustiva; D) Arbórea no limite da área de estudo com avenida.

### Composição florística do ambiente formado

No ambiente em formação, 31 espécies foram registradas na área do levantamento, identificadas e enquadradas em 20 famílias vegetais (Tabelas 2 e 3). Número relativamente baixo de espécies, o que é esperado em áreas em início de sucessão. A relação mais frequente é a de um grande número de indivíduos por espécie em pequeno número de espécies. O número de indivíduos nas áreas levantadas, contudo, não pôde ser quantificado com exatidão; muitas espécies de ervas de ocorrência na área têm hábito prostrado, alastrando-se por grandes espaços, dificultando a quantificação. Além disso, não era objetivo do estudo; mais importante era entender que espécies ocupam a área em formação, de que modo a ocupam, e como essa dinâmica se instala e se desenvolve no ambiente em transformação. Para o entendimento e classificação das espécies registradas na área do espigão, fizemos a distinção e designação em 4 grupos: naturais, secundárias, invasoras e ruderais (Tabela 1).

O termo ruderal (do latim: *rudaris*; "entulho") é dado às comunidades vegetais que se desenvolvem em ambientes fortemente perturbados pela ação humana, aterros, terrenos baldios e espaços similares. Por extensão,

designam-se por "*plantas ruderais*", ou por "*vegetação ruderal*", as espécies e as comunidades vegetais típicas desses ambientes. Muitas espécies ruderais confundem-se com ervas daninhas, invasoras e pioneiras do processo de sucessão vegetal (Figura 9). Apresentam crescimento rápido, grande produção de sementes e/ou propágulos, formação de bancos de sementes, propagando-se com facilidade em ambientes perturbados. Ervas daninhas são espécies que crescem onde não são desejadas, termo que mais especialmente designa as plantas que infestam cultivos agrícolas. Neste estudo, as espécies que, por ventura, possam ter designação sobreposta (ruderal e daninha) serão classificadas como ruderais.

Uma espécie exótica invasora é definida como aquela planta estranha, fora de sua área de distribuição natural passada ou presente, que se propaga naturalmente em habitats naturais ou seminaturais, produzindo mudanças na composição, estrutura ou nos processos dos ecossistemas. Ambientes em formação, ou degradados são mais suscetíveis à invasão e as espécies invasoras apresentam características que facilitam o seu estabelecimento nessas áreas.

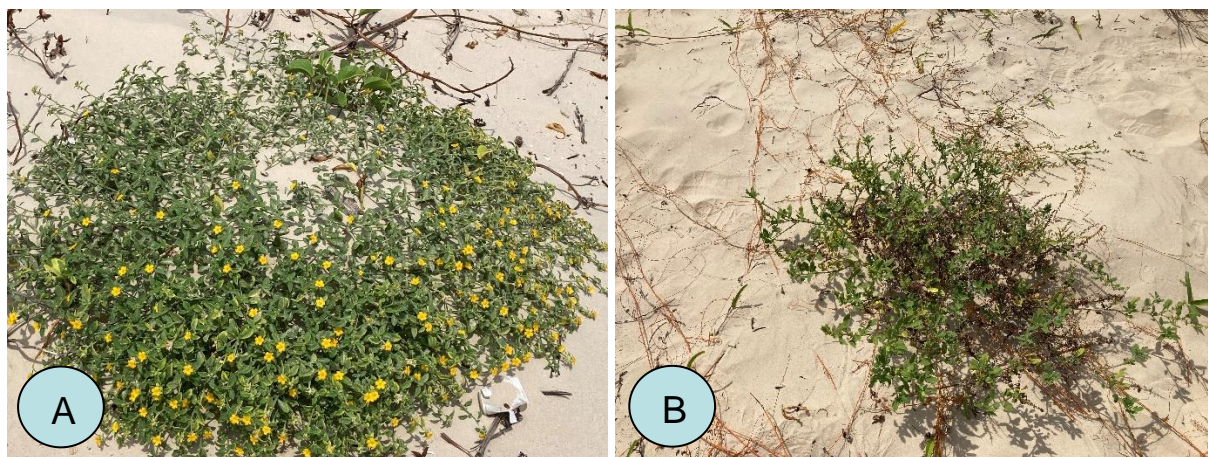


Figura 9. Espécies herbáceas ruderais em desenvolvimento na área em formação do espigão costeiro: A) *Turnera ulmifolia* L.; B) *Amaranthus* sp.

**Tabela 2.** Família, grupo ecofisiológico e hábito de crescimento das espécies levantadas na área do espigão costeiro da Península da Ponta D'Areia.

<b>Nome Comum</b>	<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Grupo Ecofisiológico</b>	<b>Hab. Cresc.</b>
Amendoeira	<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	Invasora	Árvore
Barba de Bode	<i>Eleocharis minima</i> Kunth	Cyperaceae	Secundária	Erva
Batis	<i>Batis marítima</i> L.	Bataceae	Natural	Erva
Bredo	<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.	Aizoaceae	Natural	Erva
Caju	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	Natural	Arbusto
Caju Azedo	<i>Anacardium humile</i> A. St.-Hil.	Anacardiaceae	Natural	Árvore
Capim	<i>Eragostris ciliaris</i> (L.) R. Br.	Poaceae	Secundária	Erva
Capim Açú	<i>Sporolobus virginicus</i> (L.) Kunth	Poaceae	Natural	Erva
Capim Comum	<i>Paspalum</i> sp.	Poaceae	Secundária	Erva
Capim Navalha	<i>Cyperus ligularis</i> L.	Cyperaceae	Secundária	Erva
Capim Paturá	<i>Spartina alterniflora</i> Loisel.	Poaceae	Natural	Arbusto
Chanana	<i>Turnera ulmifolia</i> L.	Turneraceae	Natural	Erva
Clusia	<i>Clusia</i> sp.	Clusiaceae	Natural	Arbusto
Crotalária	<i>Crotalaria retusa</i> L.	Fabaceae	Ruderal	Arbusto
Ervanço	<i>Ludwigia</i> sp.	Onagraceae	Ruderal	Arbusto
	<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.	Fabaceae	Natural	Arbusto
Feijãozinho				
Fios de Ouro	<i>Cuscuta racemosa</i> Mart.	Convolvulaceae	Invasora	Erva
Lixeira	<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae	Secundária	Arbusto
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C. F. Gaertn.	Combretaceae	Mangue	Arbusto
Mangue Branco				
Mangue Vermelho	<i>Rhizophora mangle</i> L.	Rhizophoraceae	Mangue	Arbusto
Manjeriço da Praia	<i>Amaranthus</i> sp.	Amaranthaceae	Ruderal	Arbusto
Murici	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	Natural	Arbusto
Murta	<i>Myrcia selloi</i> (Spreng) N. Silveira	Myrtaceae	Secundária	Erva
Maracujá	<i>Passiflora foetida</i> L.	Passifloraceae	Natural	Arbusto
Saco de Velho	<i>Calotropis procera</i> (Ait.) R. Br.	Apocynaceae	Invasora	Arbusto
Salsa	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R. Br.	Convolvulaceae	Natural	Erva
Salsa Branca	<i>Ipomoea alba</i> L.	Convolvulaceae	Natural	Erva
Sensitiva	<i>Mimosa pudica</i> R. C. Barney	Fabaceae	Secundária	Arbusto
Vassoura	<i>Sida</i> sp.	Malvaceae	Ruderal	Erva
Vassoura de Botão	<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Rubiaceae	Ruderal	Arbusto
Vassourinha	<i>Scoparia dulcis</i> L.	Scrophulariaceae	Ruderal	Arbusto

**Tabela 3.** Número de espécies registradas por família no levantamento da área em formação do Espigão Costeiro.

<b>Família</b>	<b>Número de Espécies</b>
Aizoaceae	1
Amaranthaceae	1
Anacardiaceae	2
Apocynaceae	1
Bataceae	1
Clusiaceae	1
Combretaceae	2
Convolvulaceae	3
Cyperaceae	2
Dilleniaceae	1
Fabaceae	4
Malpighiaceae	1
Malvaceae	1
Myrtaceae	1
Onagraceae	1
Passifloraceae	1
Poaceae	4
Rhizophoraceae	1
Rubiaceae	1
Scrophulariaceae	1
<b>TOTAL DE ESPÉCIES</b>	<b>31</b>

A quantificação possível retratou uma ocupação numérica maior dos arbustos (58,454%), seguidos das ervas (26,812%) e, por último, as árvores (14,734%) que, como dito

anteriormente, constituem colonização mais antiga, em desenvolvimento desde a alteração provocada pela construção da avenida, crescendo nas bordas da mesma (Tabela 4).

**Tabela 4.** Número e percentual de indivíduos por hábito de crescimento nas espécies levantadas na região do espigão costeiro.

<b>Forma de Crescimento</b>	<b>Número de Indivíduos</b>	<b>Percentual</b>
Arbusto	242	58,454
Árvore	61	14,734
Ervá	111	26,812
Total	414	100,00

A Figura 10 mostra diferentes aspectos da área de estudo em relação à cobertura vegetal já existente, sua extensão, porte e

formas de crescimento da vegetação em desenvolvimento.

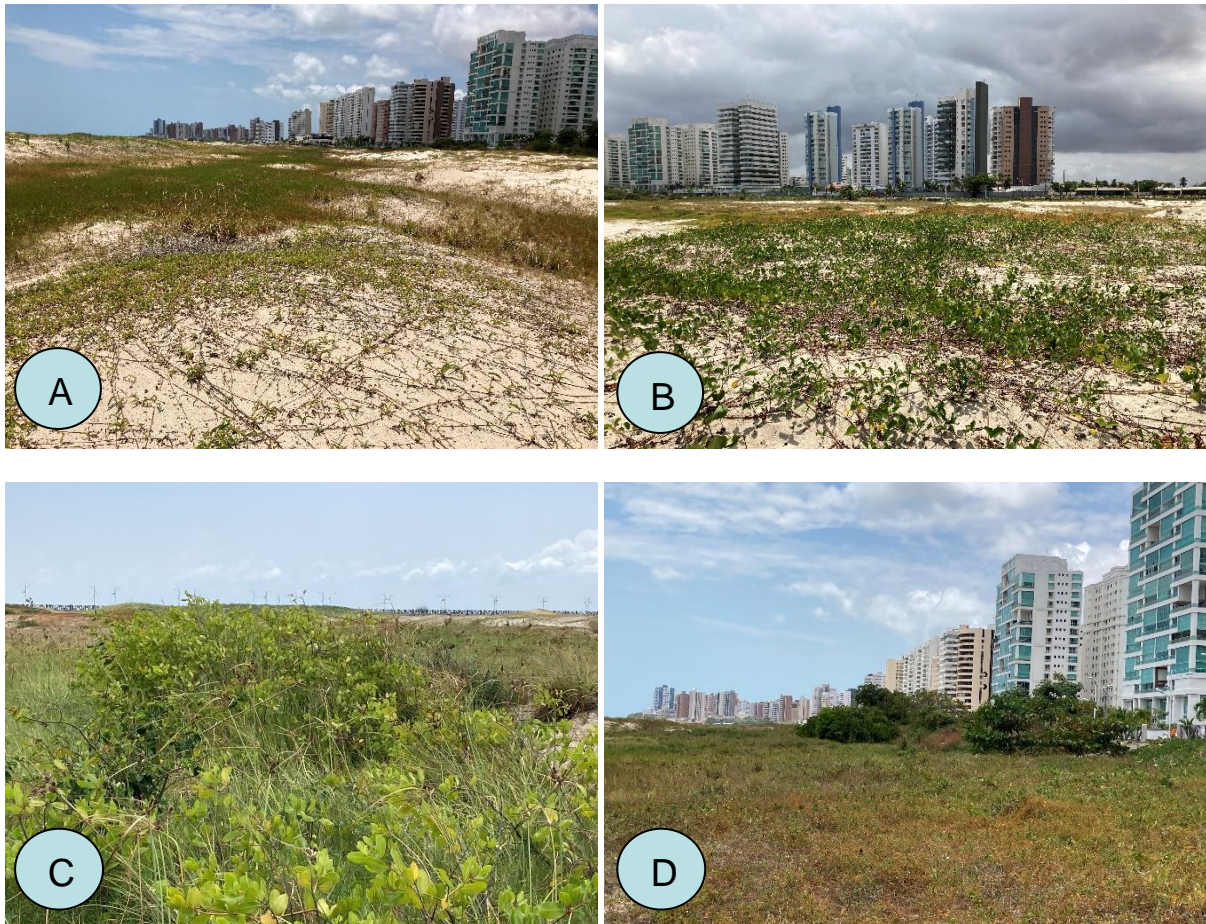


Figura 10. Aspectos gerais da área de estudo: A) Extensão; B) Cobertura vegetal em desenvolvimento; C) Predominância de espécies herbáceas e arbustivas; D) Indivíduos arbóreos localizados.

A distinção entre adultos e jovens é difícil também quando os hábitos de crescimento predominantes são arbustos e ervas. O critério utilizado de estágio de floração não é de todo ou sempre suficiente em todas as situações de campo, uma vez que os períodos de floração podem não coincidir com o período dos levantamentos. Contudo, os dados possíveis coletados indicam predominância de adultos (mais de 70% dos indivíduos). Os cerca de 30% de indivíduos jovens registrados confirmam a regeneração e adição continuada de novos indivíduos via germinação de sementes.

### ***Grupos ecofisiológicos de espécies no ambiente em formação***

#### ***A restinga no ambiente em formação***

Dentre os fatores físicos de efeito na recuperação de restingas, tem-se os diferentes tipos de vegetação, a pobreza da areia em substâncias nutritivas, a grande permeabilidade do solo, a salinidade, o calor intenso do sol, constante ação do vento, a mobilidade das dunas e o nível do lençol

freático. Além disso, a maresia é uma das principais fontes de nutrientes do ecossistema de restingas presentes na atmosfera, uma vez que é repleta de íons e matéria orgânica, seguida das chuvas, orvalho e nevoeiro (Silva e Brites, 2005; Amorim et al., 2023).

A vegetação das restingas apresenta áreas bem definidas onde ocorrem em mosaico ou numa certa zonação, aumentando a diversidade de espécies, a lenhosidade e a altura da vegetação, a medida que cresce a distância do oceano e diminui a influência da salinidade (Inague et al., 2021; Oliveira et al., 2023). Assim, para obter a sucessão natural e a reabilitação dessas áreas de restingas, devem ser observadas e selecionadas as espécies vegetais que estão inseridas naquelas fitofisionomias e adaptadas a suas respectivas condições ambientais.

O ambiente geral ainda em formação começa a se diferenciar em seus segmentos pela proximidade ou distância da linha do mar. Mais próximo ao mar, as espécies mais frequentes foram as herbáceas, em formações halófila-psamófila reptante, propagadas por estolões e rizomas,

características eficientes para sobrevivência nestas condições de alta intensidade de ventos e substrato arenoso de baixa fertilidade natural. Estas condições aumentam a superfície de contato, pela grande produção de raízes adventícias, possibilitando maior absorção de água e sais minerais (Kamakura e Furukawa, 2009; Santos et al., 2022; Santos et al., 2023).

Nestas condições mais severas nas proximidades da linha do mar, a erosão eólica é uma possibilidade frequente, resultando em movimentação de grãos de areia e ação das ondas, o que pode resultar na destruição parcial ou total de populações vegetais em desenvolvimento; nestes casos, a manutenção das populações vegetais pode acontecer a partir da propagação vegetativa, além da absorção de água e sais minerais, a partir das raízes adventícias das espécies remanescentes. Estas condições são essenciais para a continuidade e desenvolvimento das espécies do grupo de halófilas-psamófilas reptantes presentes nas fases iniciais do processo de sucessão no ambiente novo em formação. O hábito reptante das espécies pode representar uma proteção direta contra a ação do vento, reduzindo o destacamento da areia nas proximidades destas espécies. O hábito reptante e o porte prostrado dos indivíduos são características de fundamental importância para a manutenção das populações em estabelecimento na área nova (Castilho et al., 2021).

O porte reduzido das plantas tem sido interpretado com uma estratégia vantajosa das espécies para reduzir a demanda por nutrientes, permitindo uma distribuição mais equilibrada dos minerais nos tecidos dos indivíduos naquelas condições de pobreza mineral extrema. Contudo, alguns estudos tem indicado que nestes ambientes, as espécies demandam menores quantidades de nutrientes, além de suportarem altos níveis de sódio, o que lhes proporciona uma vantagem ecológica em relação a outras espécies, nestas condições (Grime, 1979; Ribeirinha et al., 2021). O resultado, em geral, é porte reduzido e baixa riqueza de espécies na formação halófila-psamófila reptante nas áreas de proximidades com o mar, onde o processo de sucessão e formação do novo ambiente se iniciam.

## Conclusão

A região da Península da Ponta D'Areia possui por intensa urbanização nas últimas três décadas com grandes reflexos ambientais, que incluíram significativas transformações nos ecossistemas desta região da cidade de São Luís. Além da expansão urbana, a região recebeu

também relevante modificação na paisagem costeira com a construção de espigão na orla; com ele, a formação de ambiente novo a partir da faixa de areia acumulada na base da estrutura longitudinal. Neste novo ambiente, o surgimento de faixa alargada de dunas, com vegetação de restinga em processo de formação.

Na atualidade, a área de estudo, ainda em processo de sucessão ecológica, conta com vegetação em estágios sucessionais iniciais, com espécies pioneiras e secundárias iniciais, de portes herbáceo e arbustivo predominantes. Um novo ambiente está se moldando na área contígua ao espigão. A sucessão ecológica em curso deve ser considerada primária, sobre ambiente dunar com vegetação de restinga. O ambiente natural atual constitui uma estrutura física de arrumação, em seus componentes minerais e substâncias químicas. O ambiente biológico, incluindo microrganismos, flora e fauna, é estimulado pela arrumação física que se desenvolve.

Na vegetação que se instala, as espécies herbáceas, mais numerosas e mais amplamente distribuídas, apresentam-se como desbravadoras do ambiente em formação, ao mesmo tempo que contribuem para a sustentação física do ambiente, fixando areia e nutrientes no solo arenoso, promovendo também as primeiras contribuições de matéria orgânica. Na formação das dunas frontais, indivíduos de *Spartina* são essenciais. Mais ao interior do novo ambiente, contribuição de espécies de mangue (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*), *Spartina* e *Ipomeae* proporcionam retenção de umidade, sombra e microclima localizados, abrigo e matéria orgânica.

Entretanto, não somente benefícios são decorrentes do estabelecimento vegetal no novo ambiente. Espécie invasora e parasita (*Cuscuta raemosa*) destrói a cobertura vegetal em formação por parasitismo agressivo que retarda o processo sucessional na restinga, pela morte de muitos indivíduos de muitas espécies.

Na flora que se estabelece, vegetação de praias e dunas (herbácea), escrupe (arbustiva) e formação arbórea baixa são as tipologias vegetacionais já diferenciadas no novo ambiente em formação. Como esperado em áreas de sucessão, baixo número de espécies com elevado número de indivíduos por espécie. Entre as espécies registradas, as naturais do ambiente de restinga, mas também secundárias, invasoras e ruderais.

O ambiente em formação, na atualidade, já mostra diferenciação em seus compartimentos, segundo sua proximidade ou afastamento da linha do mar. Na proximidade do mar, as espécies herbáceas são predominantes, diferenciando-se em hábito arbustivo predominante mais ao interior, e nas proximidades das intervenções urbanas na área, indivíduos de espécies arbóreas já se fazem frequentes.

A região da Ponta D'Areia, outrora estuarina, teve suas dunas e restingas perdidas no tempo e no espaço com o crescimento da cidade, com as intervenções antrópicas. Recupera, na atualidade, parcialmente, seu espaço, sua flora e fauna, por efeito de nova intervenção. O espigão costeiro alarga a faixa de areia perdida, faz retomar sua constituição física e estimula o ressurgimento de componentes biológicos. A extensão dessa retomada e recuperação não é clara ainda; o que se pode fazer, para o momento, é registrar os componentes atuais, sem, contudo, possivelmente, nunca entender ou mensurar a extensão do que foi perdido do ambiente original.

#### Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, da UFMA pelo apoio na execução do estudo.

#### Referências

Amorim, I. F. F., Silva, A. F. C., Amorim, G. S., Guterres, A. V. F., Almeida Jr., E. B. 2023. Descrição fitossociológica da comunidade herbácea das dunas de Curupu, Raposa, Maranhão. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(3), 1387-1396. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.3.p1387-1396>.

APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1-20.

Braun-Blanquet, J. (1979) *Fitossociologia. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Ed. Blume. Madrid.

Brito, C. D. S. B. 2009. O processo de uso e ocupação do solo urbano previsto no plano diretor de São Luís - MA. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.

Cardoso, K. E.O., Santana, C. G., Lisboa, D. C. S., Rocha, L. N., Rangel, A. N., Muller, R. M. L.

2020. Avaliação da dinâmica da paisagem, visando as mudanças ambientais perante a construção do Espigão Costeiro na Praia da Ponta D'Areia, São Luís-MA. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 12, n. 2.

Castilho, M. F.; Callado, C. H.; Lima, H. C. 2021. Riqueza e distribuição das Fabaceae Lindl. em comunidades vegetais do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. *Paubrasilia, Porto Seguro*, v. 4, p. e0071, DOI: 10.33447/paubrasilia.2021.e0071. Disponível em: <https://periodicos.ufsb.edu.br/index.php/paubrasilia/article/view/71>. Acesso em: 11 mar. 2024.

Coelho, G. T. F., Sales, L. L. N. Ocupação do espaço urbano: observações históricas e a expansão da Península da Ponta D'areia em São Luís (MA) entre os anos de 2004 e 2016. *Social Evolution*, v.1, n.1, p.16-26, 2017. DOI: <http://doi.org/10.6008/SPC2595-430X.2017.001.0002>.

Costa, F. W. D., Martins, G. E. D., Gonçalves, M. F. P. 2007. O crescimento urbano e os impactos socioambientais no município de São Luís: o caso da Ponta D'Areia – São Luís/MA/Brasil. *Simpósio de Geografia Física Aplicada, XII, 2007, Natal-RN. Anais. RN: Imagem Gráfica e Editora*, p. 1-6.

Fabricante, J. R.; Cruz, A. B. S.; Reis, F. M.; Almeida, T. S. 2021. Invasão biológica em sítios de restinga no nordeste brasileiro. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 6, p. 1–14.

Facebook. Perfil São Luís antes e depois. 2023. Disponível:<https://ptbr.facebook.com/pages/category/Book/S%C3%A3o-Luís-de-Antes-e-Depois1412370035732389/>> Acesso: 13/01/2023.

Feitosa, A.C.1989. Evolução morfogenética do litoral norte da ilha do Maranhão. *Rio Claro, Unesp*. 140p.

Finegan, B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forest: the first 100 years of succession. *Tree* 11: 119-124.

Frouz, J., Toyota, A., Mudrák, O., Jilková, V., Filipova, A. e Cathaml, T. 2016. Effects of soil substrate quality, microbial diversity and community composition on the plant community during primary succession. *Soil Biology and Biochemistry*, 99, 75–84.

GERCO. 1998. Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. Macrozoneamento do Golfão Maranhense; Diagnóstico Ambiental do Município de Alcântara. Estudo

- Socioeconômico e Cultural. – São Luís: Sema/MMA/PNMA.
- Grime, J.P. 1979. Primary strategies in plants. Transactions of the Botanical Society of Edinburgh. Volume 43, 1979 - Issue 2. Pages 151-160.
- HM Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda. 2008. EIA-FINAL/ Estudo de Impacto Ambiental Espigão Costeiro da Ponta da Areia e Dragagem do Canal de Acesso ao antigo Porto de São Luís. São Luís.
- IBGE. 2012. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE.
- Inague, G. M., Zwiener, V. P., Marques, M. C. M. 2021. Climate change threatens the woody plant taxonomic and functional diversities of the Restinga vegetation in Brazil. Perspectives in Ecology and Conservation, 19(1), 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.12.006>
- INSTITUTO HÓRUS. 2018. Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental / The Nature Conservancy. Base de Dados sobre Espécies Exóticas Invasoras no Brasil. Consultado em: janeiro de 2018.
- INSTITUTO HÓRUS. Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras, 2021. Disponível em: <<http://bd.institutohorus.org.br/>>. Acesso em: 3 set. 2021.
- Kamakura, M., Furukawa, A. 2009. Compensatory function for water transport by adventitious roots of *Ipomoea pes-caprae*. *Journal of Plant Research* volume 122, pages327–333.
- Kuster, V. C. 2010. Anatomia e aspectos ecológicos de espécies vegetais ocorrentes na restinga do Parque Estadual Paulo César Vinha (ES). Universidade Federal de Viçosa. Dissertação de Mestrado. Viçosa: MG. 128p.
- Loureiro, N., de Souza, T. P., Nascimento, D. F., Nascimento, M. T. 2022. Survival, seedlings growth and natural regeneration in areas under ecological restoration in a sandy coastal plain (restinga) of southeastern Brazil. *Austral Ecology* (Ecological Society of Australia). Volume47, Issue2, Pages 326 -340.
- MARANHÃO. 2011. Secretaria de Estado da Infraestrutura (SINFRA). Governo do Estado do Maranhão.
- Marques, M. A. 2021. Valorização e dinâmica socioespacial do espaço urbano: olhares sobre o Espigão Costeiro no bairro Ponta D’Areia em São Luís (Maranhão, Brasil). *Geografia em Questão*, [S. l.], v. 14, n. 2.
- Marques, M. A. 2021. Valorização e novos usos do espaço urbano: o caso do espigão costeiro no bairro ponta d’areia em são luís (maranhão, brasil). *Anais do XIV ENANPEGE*. Campina Grande: Realize Editora. Disponível: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/77596>>. Acesso: 08/02/2023.
- McCarroll, R. J., Masselink, G., Valiente, N. G., Wiggins, M., Scott, T., Conley, D. C., King, E. V. 2020. Impact of a headland-associated sandbank on shoreline dynamics. *Geomorphology*, v. 355.
- Miranda, J.C. 2009. Sucessão ecológica: conceitos, modelos e perspectivas. *SaBios: Rev. Saúde e Biol.*, v. 4, n. 1, p. 31-37.
- MMA. 1996. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA No 07 de 23/07/1996).
- MMA. 2009. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA No 417, de 23/11/2009.
- MMA. 2011. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. (Resolução CONAMA No 445 de 30/12/2011).
- Monteiro, M.M., Giaretta, A. P., Oberdan, J., Menezes, L.F.T., 2014. Composição e estrutura de uma restinga arbustiva aberta no norte do Espírito Santo e relações florísticas com formações similares no Sudeste do Brasil. *Rodriguésia* 65(1), 061-072.
- Oliveira, E. V. S., Félix, G. J., Santos Neto, A. M., Landim, M. F. 2023. Composição florística e aspectos fitogeográficos de uma área de restinga em Santo Amaro das Brotas, SE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(3), 1511-1530. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.3.p1511-1530>.
- Opolski-Neto, T., Melo Júnior, J. C. F. 2022. Influência das condições edáficas na composição florística e estrutural de uma comunidade de restinga sobre costão rochoso no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(02), 1108-1127. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/250367>.
- Paiva, E. K. G. 2007. Evolução da forma urbana de São Luís, MA: uma análise iconográfica. São Luís, MA. 48p.
- Pandolfi, J.M, Staples, T. L, Kiessling, W. 2020. Increased extinction in the emergence of novel ecological communities, *Science:Vol. 370, Issue 6513, pp. 220-222 DOI: 10.1126/science.abb3996*.
- Pinheiro, C.U.B., Linhares, J.F.P., 2019. Levantamento e mapeamento da ocorrência, identificação de espécies e avaliação de

- ambientes infestados por plantas invasoras na ilha de São Luís, Maranhão. *Revista Brasileira de Geografia Física* 12, 1484- 1508.
- Prado, B. I. W. 2016. Paisagem urbana de São Luís: transformação das formas e arranjos naturais na Ponta d'Areia. São Luís: Editora BIWP. 122p.
- Rejmanek, M., Richardson, D.M. 1996. What attributes make some plant species more invasive? *Ecology* 77, 1655-1661.
- Ribeirinha, P. D., Silva, S. M. L., Sapienza, J. A., Netto, S. O. A. 2021. Classificação orientada a objeto aplicada à caracterização de áreas de restinga: caso da Praia do Peró, Cabo Frio (Rio de Janeiro). *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, 2(2), 60-78.
- Ribeiro Junior, J. R. B. 1999. Formação do espaço urbano de São Luís: 1612 – 1991. São Luís: FUNC. 92p.
- Santos, C. R., Freitas, R. R., Medeiros, J. D. 2023. Participação social e retrocessos na proteção da vegetação de restinga no Brasil no período entre 1965 e 2021. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 61, 58-84.
- Santos, J.H.S. dos. 1993. Levantamento preliminar dos problemas ambientais de uma zona litorânea de São Luís-MA. 89p.
- Santos, V. J., Silva, A. N. F., Silva, E. C. G., Almeida Jr., E. B., Zickel, C. S. 2022. Arranjo estrutural e diversidade do componente lenhoso da restinga em Caravelas, sul da Bahia, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(03), 1371-1379.
- Santos-Filho, F.S., Almeida, Jr. E.B., Zickel, C.S. 2013. Do edaphic aspects alter vegetation structures in the Brazilian restinga? *Acta Botânica Brasilica* 27, 613-623.
- Schaeffer-Novelli, Y. & Cintrón, G. 1986. Guia para estudos de áreas de manguezal: estrutura, função e flora. São Paulo, Caribbean Ecological Research, 150p. + apêndices.
- Silva, S.M, Britez, R.M. 2005. A vegetação da Planície Costeira. In: M.C.M. Marques e R.M. Britez (orgs.). *História Natural e conservação da Ilha do Mel*. Curitiba, UFPR.
- SINFRA 2014. Secretaria de Infraestrutura do Maranhão. Disponível: <http://sinfra.ma.gov.br/2017/03/21/servicos-de-manutencao-sao-realizados-permanentemente-no-espigao-costeiro-em-sao-luis/> Acesso: 19/01/2022.
- Spalding, M.D. & Maricé, L. *The State of the World's Mangroves 2021*. Global Mangrove Alliance.
- Tietz, A. L., Apel, R. P., Mouga, D. M. S. 2023. Caracterização de flora de restinga arbustivo/arbórea no sul de Santa Catarina, Brasil. *Acta Biológica Catarinense*, 10(2), 36-55. <https://doi.org/10.21726/abc.v10i2.2056>.
- Waage, J. K. 2001. *Global Strategy on Invasive Alien Species*. Gland, Switzerland: IUCN, 50p.
- Ximenes, A.C.; Cavanaugh, K. C.; Arvor, D.; Murdiyarsa, D.; Thomas, N.; Arcoverde, G. F. B.; Bispo, P. C. da.; Stocken, T. V. der. 2023. A comparison of global mangrove maps: Assessing spatial and bioclimatic discrepancies at poleward range limits. *Science of the Total Environment*, n. 860.