

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE

SYLBENIA ALVES MACHADO SARAIVA

**RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA COM O CULTIVO DA PALMA
FORRAGEIRA (*Opuntia stricta* Haw) ADUBADA COM BIOSSÓLIDO**

NATAL-RN

2017

SYLBENIA ALVES MACHADO SARAIVA

**RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA COM O CULTIVO DA PALMA
FORRAGEIRA (*Opuntia stricta* Haw) ADUBADA COM BIODISSÓLIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa de Saneamento Ambiental.

Orientadora: D.ra Fabíola Gomes de Carvalho

NATAL-RN

2017

Saraiva, Sylbenia Alves Machado.
S243r Recuperação de área degradada com o cultivo da palma
forrageira (*Opuntia Stricta* Haw) adubada com biofósforo / Sylbenia
Alves Machado Saraiva. – 2017.
75 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de
Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal, 2017.
Orientador(a): Prof. Dra. Fabíola Gomes de Carvalho.
Coorientador(a): Prof. Dr José Américo de Souza Grilo Junior.

1. Degradação do solo. 2. Recuperação de áreas degradadas.
3. Palma forrageira. 4. Biofósforo. I. Carvalho, Fabíola Gomes de. II.
Grilo, José Américo de Souza. III. Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. IV. Título.

CDU 632.125

Catálogo na Publicação elaborada pela Seção de Processamento Técnico da
Biblioteca Setorial Walfredo Brasil (BSWB) do IFRN.

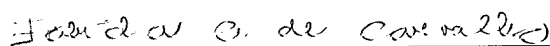
SYLBENIA ALVES MACHADO SARAIVA

**RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA COM O CULTIVO DA PALMA
FORRAGEIRA (*Opuntia stricta* Haw) ADUBADA COM BIODISSÓLIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa de Saneamento Ambiental.

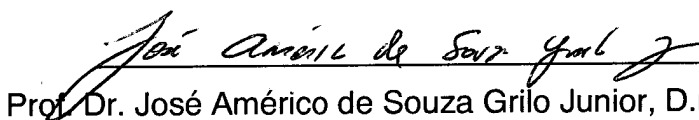
Dissertação apresentada e aprovada em 15/09/2017, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA:



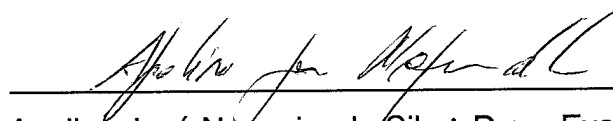
Fabíola Gomes de Carvalho, D.ra – Presidenta

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)



Prof. Dr. José Américo de Souza Grilo Junior, D.r – Examinador Interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Apolinó José Nogueira da Silva, D.r – Examinador Externo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor, dono de tudo, realizador de sonhos.

A todas as pessoas que compõe minha grande família.

Akyane e Jodelson, obrigada pelo amor e paciência. A vida seria mais difícil sem vocês dois.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), nas pessoas de Avânize e Alfredo. Também aos pesquisadores Guilherme Ferreira e em especial a Alexandre de Medeiros Wanderley, pelas nobres contribuições.

Aos amigos Moacir e sua família, por me acolher tão bem. A Gerlane e família, por segurar a barra na minha ausência. A Marcone Paulino, pelas grandes ajudas em campo. Ao Professor Samir Cristino, pelo empenho para finalização desse trabalho. E ao amigo Ubirajara (Uzinho), pela paciência ao longo de todo esse tempo.

Aos amigos do Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Norte (EMATER/RN), com muito carinho ao amigo e gestor regional Dogival Lima de Paula. Também aos Engenheiros Agrônomos Iranilson Silva dos Santos e José Maria da Costa.

Aos colegas e amigos do mestrado. Aos professores do IFRN, instituição que posso chamar de casa. E, por fim, a minha orientadora, que agora posso chamar de amiga, Professora D.ra Fabíola Gomes de Carvalho. Profys, você é mais que um exemplo. É um espelho!

Sou grata a todos vocês. Muitíssimo obrigada!

RESUMO

O panorama de degradação do solo é preocupante no Brasil e no mundo, pois devido ao uso indevido do solo, com práticas inadequadas, tais como: desmatamento, monocultura, pastagem, uso de agrotóxicos e absorção de nutrientes pelo cultivo sem pousio ou sem reposição mineral, acabam gerando vários tipos de degradação, acarretando em solos inférteis, sendo necessária a sua recuperação. Nesse contexto, esse trabalho de pesquisa foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos da adubação com biossólido (lodo de esgoto) em área degradada cultivada com palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw), no Sítio São Miguel Arcanjo, no município de Parazinho, RN. Para tanto, foi implantada uma área experimental, no referido município, com cultivo da palma forrageira irrigada, adensada e adubada organicamente, sendo adotado o delineamento experimental de blocos casualizados, com 04 tratamentos (T1– testemunha, T2 – adubada com esterco de curral, T3 – adubada com uma dose de biossólido e T4 - adubada com duas doses de biossólido) e 06 repetições em cada bloco. A partir da caracterização química e física do solo observou-se que sem o cultivo da palma na área degradada não haveria condições de auto recuperação, uma vez que a área degradada apresentava baixa taxa de resiliência impossibilitando a sua regeneração natural. O cultivo da palma recuperou atributos físicos do solo na área em processo de recuperação, como resultado da maior proteção proporcionada ao solo frente ao processo erosivo diagnosticado no local e restaurou a fertilidade do solo degradado, elevando o pH, a CTC e valor de saturação de bases, sobretudo, em relação aos teores de cálcio e magnésio trocáveis. Os resultados apontam que o cultivo da palma irrigada respondeu favoravelmente a adubação orgânica, refletindo diretamente sobre a produção de massa verde, altura e largura de planta. Por fim, conclui-se que a área degradada apresentou condições de recuperar-se, devido à alternativa de recuperação adotada, sendo uma prática viável economicamente, além de ambientalmente seguro o cultivo da palma adubada com biossólido, sob condições semelhantes as apresentadas nesse trabalho.

Palavras-chave: Recuperação de área degradada. Palma forrageira. Biossólido.

ABSTRACT

The soil degradation scenario is worrisome in Brazil and in the world, due to the improper use of soil, such as: deforestation, monoculture, pasture, use of pesticides and absorption of nutrients by fallow or without mineral replacement, end up generating several types of degradation, causing in infertile soils, being necessary its recovery. In this context, this work was developed with the objective of evaluating the effects of fertilization with biosolids (sewage sludge) in a degraded area cultivated with forage palm. The Mexican Elephant Ear (*Opuntia stricta* Haw), in the São Miguel Arcanjo Site, in the municipality of Parazinho, RN. In order to do so, an experimental area was implanted in this municipality, with the cultivation of the irrigated forage palm, densified and organically fertilized. A randomized complete block design was used, with 04 treatments (T1 - control, T2 - T3 - fertilized with a dose of biosolid and T4 - fertilized with two doses of biosolid) and 06 repetitions in each block. From the chemical and physical characterization of the soil, it was observed that without the cultivation of the palm in the degraded area there would be no conditions of self recovery, since the degraded area presented a low resilience rate, making natural regeneration impossible. Palm cultivation recovered physical attributes of the soil in the recovering area, as a result of the greater protection provided to the soil in front of the erosive process diagnosed in the locality and restored the degraded soil fertility, raising the pH, CTC and saturation value of bases, especially in relation to exchangeable calcium and magnesium contents. The results indicate that the cultivation of the irrigated palm responded favorably to the organic fertilization, reflecting directly on the production of green mass, height and plant width. Finally, it is concluded that the degraded area presented conditions to recover, due to the adopted recovery alternative, being economically feasible, besides being environmentally safe the palm cultivation with biosolids, under conditions similar to those presented in this study.

Keywords: Recovery of degraded area. Palm forage. Biosolids.

APRESENTAÇÃO

A dissertação aqui apresentada tem como título “Recuperação de área degradada com o cultivo da palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw) adubada com biossólido”. Assim, conforme a padronização estabelecida pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPGUSRN/IFRN), o conteúdo submetido neste documento se encontra composto por: Introdução, Referencial Teórico, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Referências e por uma seção destinada à apresentação do artigo científico intitulado “Diagnóstico ambiental de uma área degradada em Parazinho/RN”. O artigo encontra-se formatado de acordo com o padrão de publicação do periódico da Revista Gaia Scientia, cujas normas podem ser acessadas no endereço do site informado no anexo A. No anexo B encontra-se o comprovante de submissão do artigo intitulado “Diagnóstico ambiental de uma área degradada em Parazinho / RN”, resultado desta pesquisa de dissertação, em atendimento ao Artigo 29º e Parágrafo 5º do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização da área experimental.	276
Figura 2 – Layout de distribuição das raquetes em um bloco.....	287
Figura 3 – Sistema de irrigação adotado na área experimental.....	378
Figura 4 – Sistema de irrigação adotado na área experimental.....	28
Figura 5 – Análise precipitação acumulada por mês, em Parazinho, em 2017.....	29
Figura 6 – Ataque de lagarta na palma forrageira	32
Figura 7 – Ataque de lagarta na palma forrageira	32
Figura 8 – Área de cultivo do experimento	35
Figura 9 – Comparação entre os tratamentos aos 130 DAP	35
Figura 10 – Altura média da palma nos diferentes tratamentos	36
Figura 11 – Largura média da palma nos diferentes tratamentos.....	36
Figura 12 – Produção média de massa verde da palma nos diferentes tratamentos	37
Figura 13 – Quantificação de massa verde da palma	39
Figura 14 – Número médio de raquetes por planta nos tratamentos.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química do lodo... ..	22
Tabela 2 – Análises químicas do biossólido.....	30
Tabela 3 – Caracterização física inicial das amostras de solo, na camada de 0-20 cm da área nativa e da área degradada.	40
Tabela 4 – Caracterização física das amostras de solo na área de cultivo da palma forrageira, na camada de 0-20cm.....	41
Tabela 5 – Caracterização química das amostras de solo, camada de 0-20cm.....	43
Tabela 6 – Classificação das amostras de solo, na camada de 0-20cm, quanto ao risco de salinização	44
Tabela 7 – Caracterização química das amostras de solo na área de cultivo da palma forrageira, na camada de 0-20cm	45
Tabela 8 – Classificação das amostras de solo, na camada de 0-20cm, quanto ao risco de salinização na área de cultivo da palma forrageira	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	USO DO SOLO NA AGRICULTURA BRASILEIRA	15
2.1.1	Área Degradada	16
2.2	RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA	17
2.3	PALMA FORRAGEIRA	18
2.4	BIOSSÓLIDOS	20
2.4.1	Uso do biossólido na recuperação de áreas degradadas	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	24
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	25
3.3	TRATOS CULTURAIS	26
3.4	PREPARO DO BIOSSÓLIDO	28
3.5	PREPARO DO SOLO E DAS SEMENTES	29
3.6	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	29
3.6.1	Avaliação do desenvolvimento da palma forrageira	29
3.6.2	Diagnóstico e avaliação da recuperação do solo	30
3.6.2.1	<i>Análises químicas</i>	30
3.6.2.2	<i>Análises físicas</i>	32
3.7	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	ALTURA, LARGURA E PESO FRESCO DA PALMA	33
4.2	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS EM ÁREA NATIVA DEGRADADA E CULTIVADA COM PALMA FORRAGEIRA	38
4.3	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS EM ÁREA NATIVA, DEGRADADA E CULTIVADA COM PALMA FORRAGEIRA	40

5	CONCLUSÕES	44
	REFERÊNCIAS	45
	CAPÍTULO 1 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE UMA ÁREA DEGRADADA EM PARAZINHO / RN	49
	ANEXO 1: COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO.	68

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da agricultura, a atividade humana causou sérias intervenções e com o crescente aumento da população mundial, essa intensificação tornou-se cada vez maior para suprir a demanda da necessidade de alimentos, aumento de pasto para produção de carne, crescente demanda por culturas para biocombustíveis e o acelerado processo de urbanização, reduzindo assim a área disponível para a agricultura. Desse modo, uma vez que, na natureza todos os processos são interdependentes, a degradação dos solos representa uma contínua deterioração do ambiente, estando intimamente relacionada com problemas associados a outros recursos naturais como os recursos hídricos e a biodiversidade (FAO, 2015).

O solo é uma coleção de corpos naturais, fracionado em partes sólidas, líquidas e gasosas que possui caráter dinâmico. É formado, principalmente, por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial dos continentes do nosso planeta. Ele ainda contém matéria viva e pode ser vegetado na natureza, onde ocorre e sofre ações pelas atividades humanas que modificam as suas características de origem (SANTOS, 2013). É considerado um elemento paisagístico, patrimonial e físico, onde se desenvolvem grande parte das atividades humanas, sejam elas relativas ao aspecto econômico ou ao social. Em síntese, os solos fornecem inúmeros serviços ambientais necessários que possibilitam a vida no planeta (FAO, 2015).

Segundo Araújo, Almeida e Guerra (2005), existem diversas formas de degradação do solo, nesse estudo destacam-se a compactação, através de práticas de mecanização agrícola, bem como a perda de fertilidade pela retirada de nutrientes sem reposição (adubação) e remoção das camadas superficiais, onde estão presentes os elementos responsáveis pela parte nutricional e pela fixação das raízes das plantas. Dessa forma, o solo degradado é impedido de realizar sua principal função para a agricultura por não oferecer a planta sua necessidade básica em nutrientes e água, e por não desenvolver suas características de suporte para produção agrícola (BRAGA et al., 2005).

No Brasil, a situação de degradação do solo é preocupante, em função do uso indevido do solo, com práticas inadequadas, tais como, o desmatamento para cultivo de monocultura ou pastagem, o uso de agrotóxicos e o esgotamento dos minerais pelo cultivo sem pousio ou sem reposição mineral, acabam gerando vários tipos de degradação acarretando em solos pobres e com necessidade de recuperação (SARAIVA; CARVALHO, 2012). Estudos da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) indicam que cerca de 28% das terras brasileiras encontram-se em algum grau de degradação, em decorrência, principalmente, de má utilização das terras agrícolas, expansão urbana desordenada e outras ações antrópicas de exploração dos recursos naturais (EMBRAPA, 2016).

No Nordeste brasileiro, a situação de degradação ainda é maior, pois os solos normalmente sofrem problemas devido à escassez hídrica. Aliadas a ações humanas, como o desmatamento em grande quantidade e a prática de queimadas, essas condições provocam o desgaste dos solos, prejudicando seu potencial produtivo (EMBRAPA, 2006).

No Rio Grande do Norte, um estudo realizado por pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), na unidade EMBRAPA Semiárido/Orstom, foi constatado que cerca de 25% das áreas do Estado estão com problemas graves de degradação ambiental (SÁ et al., 2004).

Para reverter o processo de degradação, é necessária a recuperação dessas áreas através de um conjunto de ações idealizadas e executadas para proporcionar o restabelecimento das condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural (TAVARES, 2014); a recuperação de uma área degradada, é, em outras palavras, a utilização de medidas que permitam a reposição dos nutrientes do solo, a proteção vegetal da área exposta e retenção de umidade ao solo.

Uma das alternativas para a recuperação de áreas degradadas consiste na adição de matéria orgânica. Nesse sentido, quando o lodo de esgoto, tratado ou processado, produzido no sistema de tratamento de esgotos sanitários é utilizado de forma útil por possuir características que permitam sua reciclagem e uso agrícola de maneira ambientalmente segura ele pode ser denominado biossólido. No Brasil, o uso agrícola de biossólidos ainda não foi

amplamente difundido, entretanto já faz parte de programas nacionais de controle de impactos ambientais (PROSAB, 1999).

Assim, a reciclagem agrícola de biofóssido é um processo de representa uma excelente opção, pois trata-se de uma fonte de matéria orgânica rica em nutrientes necessários ao crescimento das plantas, além de ser benéfica aos organismos do solo, a ciclagem dos elementos e a recomposição de propriedades físicas do solo. Contudo, a utilização do biofóssido na agricultura, requer observância aos critérios da legislação vigente, de modo que seu uso não ofereça riscos ao ambiente, não se tornando fonte de metais pesados ou de patógenos e, sobretudo, que seu uso seja balizado a partir de estudos criteriosos que envolvam a escolha de áreas e culturas aptas de acordo com a orientação técnica adequada ao produtor rural, bem como a realização de monitoramento ambiental (ANDREOLI; PINTO, 2001).

Nesse cenário, a palma forrageira apresenta-se como melhor alternativa por sua função ambiental, pois é uma cultura permanente utilizada no nordeste brasileiro como alimentação de animais, requer pouca água em seu cultivo e sua produção é de baixo custo. Essa cactácea representa uma importante alternativa como ferramenta para recuperação de áreas degradadas, no combate à erosão e na captação do CO₂, além possuir alta eficiência no uso da água e no manejo e proteção do solo (EMPARN, 2015).

A área foi escolhida pela necessidade de se apresentar alternativas sustentáveis de recuperação para áreas agrícolas de pequeno e grande porte, que torne viável economicamente o processo de recuperação, bem como para comprovar a eficácia da metodologia utilizada, de modo a melhorar as propriedades físicas, químicas e das atividades microbiológicas do solo, além de comparar o desenvolvimento da cultura a partir dos tratamentos realizados.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da adubação com biofóssido em área degradada cultivada com palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw), no Sítio São Miguel Arcanjo, município de Parazinho, RN.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o estado de degradação da área em estudo.
- Analisar as características físicas e químicas do solo (antes e depois do experimento).
- Analisar as características físicas, químicas e biológicas do bio sólido.
- Avaliar o crescimento e desenvolvimento da planta.
- Avaliar a recuperação do solo da área em estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são definidos os suportes teóricos que irão embasar os principais tópicos desta pesquisa que são: solo, área degradada, palma forrageira e bio sólido.

2.1 USO DO SOLO NA AGRICULTURA BRASILEIRA

A terminologia solo é oriunda do termo *solum*, que do Latim significa base, suporte, superfície. O solo é conceituado como o material proveniente da decomposição das rochas, seja pela ação de agentes físicos ou químicos (ABNT, 1995).

Durante as últimas décadas, o Brasil vem consolidando-se como grande potência agrícola mundial. Sua principal produção, voltada para as *commodities* de grãos como a soja, o milho, o trigo e o arroz, o torna 4º maior produtor e o 2º maior exportador de grãos do mundo. Para a safra de 2015/2016, houve uma produção de aproximadamente 180 milhões de toneladas, em cerca 54 milhões de hectares. Em 2016, as diferentes cadeias produtivas do agronegócio brasileiro corresponderam por cerca de 20% do produto interno bruto (PIB) e 45% das exportações, sendo ainda determinantes para o superávit de quase US\$ 48 bilhões da balança comercial brasileira, no mesmo ano (RALISCH et al., 2017).

Já a agricultura familiar, possui um regime de funcionamento diferenciado tanto no modelo de produção, quanto na organização. A gestão da

propriedade é realizada pela unidade familiar, que na maioria das vezes trabalha e mora no mesmo local que produz. Sua atividade produtiva é diversificada e é a principal fonte de renda. Dados do último censo agropecuário mostram que aproximadamente 4,4 milhões de estabelecimentos, correspondente a 84,4% do total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, pertencem a grupos familiares, com maior concentração na Região Nordeste. Esse modelo de agricultura possui importância econômica para suprir a demanda do mercado interno e controlar a inflação dos alimentos consumidos pelos brasileiros. Ainda no Brasil, constitui a base econômica de 90% dos municípios com até 20 mil habitantes, absorvendo 40% da população economicamente ativa do país. Produz 21% do trigo, 34% do arroz, 38% do café, 46% do milho, 70% do feijão e 87% da mandioca do Brasil. Já na pecuária, é responsável por 30% dos bovinos do país, 60% da produção de leite, 59% do rebanho suíno e 50% das aves (MDA, 2016).

Contudo, para o Brasil se manter nesse ritmo de produção garantindo o crescimento contínuo desse setor e da economia do país, além de sua consolidação no cenário mundial, existe a necessidade do uso sustentável dos recursos ambientais disponíveis, sobretudo o aumento da eficiência do uso da água, dos nutrientes e utilização dos insumos necessários à produção agrícola, com o melhor aproveitamento buscando continuamente a redução dos impactos ambientais associados à agropecuária. Em campo, a realidade se apresenta com prática do desmatamento indiscriminado e à ocupação de áreas impróprias ao cultivo, gerando uma cadeia de desequilíbrios ambientais, acelerando os processos erosivos, conseqüentemente a perda de insumos e queda da fertilidade dos solos, o assoreamento e poluição dos cursos d'água e reservatórios (NOFFS et al., 2011).

Portanto, quão importante realizar a produção agrícola, é garantir que ela possa acontecer a médio e longo prazo, visto que a pressão sobre os recursos ambientais é cada vez maior. Para isso, é necessária a adoção de tecnologias e ampliação de métodos de conservação e uso adequado do solo, que melhorem sua fertilidade de forma integral (características químicas, físicas e biológicas) (RALISCH et al., 2017).

2.1.1 Área degradada

O conceito de área degradada pode ser definido como aquela impossibilitada de retornar a um ecossistema que se assemelhe ao estado inicial, apenas por uma trajetória natural. Dificilmente será restaurada, apenas recuperada, exigindo, assim, a intervenção do homem para sua recuperação (BRASIL, 2014).

Considera-se, também, como aquela que sofreu perturbações em sua integridade, sejam elas de natureza física (erosão, compactação ou formação de crostas de superfícies), química (acidificação, acúmulo de sais) ou biológica (redução da matéria orgânica, das atividades e diversidades da fauna), que após sofrer um forte impacto perdeu a capacidade de retornar naturalmente ao estado original ou a um equilíbrio dinâmico, ou seja, perdeu sua resiliência (BRASIL, 1990).

Noffs et al. (2011) conceitua área degradada como um ambiente modificado ou submetido a processos erosivos intensos que alteraram suas características originais além do limite de recuperação natural dos solos.

Atualmente, 33 % da terra é classificada de moderadamente a altamente degradada devido à erosão, salinização, compactação, acidificação e poluição química dos solos. Em cerca de 2 bilhões de hectares das terras degradadas, grande parte da degradação, aproximadamente 85%, tem origem da ação da erosão, causada pela ação do vento e da água. Durante o processo erosivo, o solo é arrastado pelas enxurradas ou conduzido a longas distâncias do seu local de origem, pelo vento. A erosão afeta o local em que ocorre, bem como resulta em consequências indesejáveis fora dele (FAO, 2015).

A erosão se desenvolve e evolui a partir da exposição dos solos, quase sempre provocada pelo desmatamento, ao impacto direto das chuvas e do vento, que promove a desagregação de suas partículas. Entre as etapas existem o escoamento superficial, a erosão laminar, a erosão em sulcos ou ravina e voçorocas (NOFFS et al., 2011).

Entre os danos causados pela erosão, a perda de solo é o que mais acarreta em consequências negativas, por causar redução da espessura do solo adequada para as raízes das plantas, remoção seletiva da matéria orgânica e as partículas minerais finas (restando às frações mais grosseiras e

menos ativas. Com isso, tanto a capacidade de retenção de água, como as perdas de matéria orgânica tornam-se mais difíceis de serem corrigidas (BRADY; WEIL, 2013).

2.2 RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA

A recuperação de uma dada área degradada deve ter como objetivos recuperar sua integridade física, química e biológica (estrutura), e, ao mesmo tempo, recuperar sua capacidade produtiva (função), seja na produção de alimentos e matérias-primas ou na prestação de serviços ambientais (EMBRAPA, 2016). A recuperação é uma necessidade, visto que uma maior perda de solos produtivos e a sua não recuperação iria prejudicar gravemente a produção de alimentos e a segurança alimentar e mergulhar milhões de pessoas na fome e na pobreza (FAO, 2015). Recuperar, portanto, é o processo inverso à degradação, independentemente de seu estado original e de sua destinação futura (RODRIGUES & GANDOLFI, 2001).

Porém, o termo recuperação não pode ser aplicado a todos os usos possíveis, visto que uma área degradada pode ser recuperada com destinação para diversos usos. No entanto, deve-se associar à ideia de que o local alterado seja trabalhado de modo que as condições ambientais se situem próximas às condições anteriores à intervenção, ou seja, trata-se de devolver ao local o equilíbrio dos processos ambientais ali atuantes (NOFFS et al., 2011).

2.3 PALMA FORRAGEIRA

A palma forrageira orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta Haw*), é de origem mexicana, bem adaptada às condições do semiárido brasileiro. A palma é considerada como principal fonte de alimento e água para os rebanhos de pequenos e grandes criadores, por ser composta por 90% de água e minerais como cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) e potássio (K^+) e em vitaminas A, B e C (INSA, 2016). São alimentos com alta concentração de energia e boa digestibilidade, com excelente palatabilidade e ótimo potencial de produção. A palma forrageira, em suas variadas espécies, contribui

significativamente para a alimentação dos animais nos períodos de secas prolongadas (SANTOS et al., 2006).

O aspecto fisiológico que garante a retenção de água no interior da planta, além de protegê-la contra o ataque de insetos é uma cutícula impermeável. A partir disso, a planta funciona através de metabolismo fotossintético, conhecido como metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), que realiza a abertura noturna dos estômatos, ou seja, realiza a captação de energia solar durante o período do dia e fixa o dióxido de carbono (CO₂) durante o período da noite, o que reduz a perda de água pela evapotranspiração. Apesar disso, um grande problema apresentado no cultivo é a murcha dos cladódios, devido em algumas áreas ocorrem muitas noites quentes e com baixa umidade relativa do ar, levando a palma a perder água para a atmosfera. (EMBRAPA, 2012).

A palma é uma planta rústica que tem um bom desenvolvimento em região com pouca chuva. Entretanto, informações sobre umidade do ar e do solo, temperatura média do dia e da noite são determinantes na produção. Tem origem no México, mas vem sendo cultivada na América do Sul, na África, e na Europa. É considerada uma das melhores opções para a produção de forragem em sistema de sequeiro no semiárido, com capacidade de atingir altas produtividades de biomassa por área, embora o cultivo com irrigação eleve significativamente a produção. Essa cultura é tão bem adaptada e de grande representatividade para o Brasil, que seu cultivo no país é superior a 500 mil hectares, predominantemente no Nordeste, sendo a maior área cultivada do mundo (LIRA et al 2006; DANTAS, 2015; ROCHA, 2012), onde predominam as cultivares Gigante e Redonda (*Opuntia ficus-indica* Mill) e Miúda ou Doce (*Opuntia cochenillifera*). Apesar da predominância, a cultivar orelha de elefante mexicana vem ganhando cada vez mais a preferência devido sua resistência a principal praga da palma, a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) que já dizimou cerca de 150 mil hectares de palma Gigante nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Ceará (EMPARN, 2015).

Seu cultivo deve ser realizado no período de estiagem, para evitar o apodrecimento das raquetes (sementes) e a proliferação de fungos ao entrar em contato com o solo úmido, devido ao alto teor de água que a planta já contém. Um método bem difundido para evitar essa perda é realizar (após a

escolha e corte das sementes) o processo de desidratação das sementes por cerca de 15 dias antes do plantio, deixando-as secar a sombra, pois isso tem garantido melhor sucesso no cultivo.

O uso de tecnologias com plantios mais adensados e bons níveis de adubação são condições favoráveis para o máximo desenvolvimento da cultura e as maiores produções são obtidas dessas práticas. Exemplo é a iniciativa, no Estado do Rio Grande do Norte, do agrônomo Alexandre de Medeiros Wanderley, que difundiu para empresas de pesquisas e para outros Estados brasileiros o uso de sistema de irrigação juntamente com o adensamento da palma. De modo geral, utiliza-se nos cultivos os espaçamentos de 1,4 m a 2,0 m entre as linhas e espaçamentos de 10 cm a 30 cm, entre as plantas. Observando que o plantio mais adensado deve ser para a palma miúda e menos adensado para a palma Orelha de Elefante Mexicana. Essas alternativas garantem obter altas produtividades, porém exigem maiores níveis de adubação e tratos culturais (EMPARN, 2010).

Apesar de ser uma reserva estratégica de forragem para criação de animais, no RN, a palma forrageira está presente em apenas 4.213 propriedades, com cerca de três mil hectares, segundo cadastro realizado pelo Instituto de Defesa e Inspeção Agropecuária do Rio Grande do Norte (IDIARN), no ano de 2013. Essa quantidade não se distribui uniformemente, visto que existe uma baixa presença desse cultivo nos sertões de baixa altitude e a presença maior onde há bons índices pluviométricos e em áreas de serras. Nesse cadastro, também foi possível identificar que existe um mau desempenho da cultura, em algumas regiões do semiárido potiguar, devido às recorrentes perdas sofridas por murchas em função de condições climáticas inadequadas para a cultura como altas temperaturas, principalmente noturnas (período em que ocorre a abertura estomática) e baixa umidade relativa do ar. Em destaque, é que essas murchas ocorrem justamente no período de maior demanda por forragem (outubro a janeiro), devido à escassez de alimentos para os animais (EMPARN, 2015).

A importância da palma forrageira ganha destaque ao ser cultivada nas unidades familiares, através da EMBRAPA na execução do Plano Brasil Sem Miséria, do governo federal, como alternativa para alimentação animal, numa forma de garantir a convivência com a região de semiárido (EMBRAPA, 2017).

A FAO reconhece o potencial da palma e sua importância para contribuir com o desenvolvimento das regiões áridas e semiáridas, especialmente nos países em desenvolvimento, através da exploração econômica das várias espécies, com consequências positivas para o meio ambiente e para segurança alimentar (CHIACCHIO; MESQUITA; SANTOS, 2006).

Cultivar palma é uma alternativa viável para manter níveis adequados de produtividade animal na região semiárida. Portanto, aumentar a produtividade dessa cactácea é uma maneira eficaz de promover a sustentabilidade nas áreas rurais e diminuir a pressão sobre os recursos naturais, corroborando com a afirmação de DUBEUX Jr. et al. (2011), ao enfatizar que no cenário atual de aquecimento global, aumento de CO₂ na atmosfera e escassez de água, a palma se destaca entre as principais culturas agrícolas do futuro.

2.4 BLOSSÓLIDO

A água potável, após utilizada, tem por consequência sua transformação em esgoto. As estações de tratamento concentram a poluição remanescente no lodo, antes de devolver à natureza os efluentes tratados. O lodo é, portanto, o último resíduo do ciclo urbano da água. De acordo com Chagas (2000), em uma estação de tratamento de efluentes, o lodo proveniente dos tratamentos primário, secundário e terciário ou avançado, resulta em um acúmulo de sólidos da fração orgânica.

No Brasil, não existe uma lei federal que regulamente a disposição do resíduo no solo e na inexistência de uma lei específica, órgãos responsáveis pelo controle de poluição ficam impossibilitados de fiscalizar a sua aplicação, dificultando assim, o monitoramento ambiental e os possíveis impactos gerados. Iniciativas pontuais como as adotadas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), a partir da homologação de normas provisórias estaduais que regulamentam o uso agrícola de lodos resultantes de tratamentos biológicos, incluindo o lodo de esgoto, buscam disciplinar a aplicabilidade do uso do biossólido.

Tsutiya (2000), apresenta que pesquisadores da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) estão empenhados também nessa linha de pesquisa, trabalhando na elaboração de um manual técnico que visa

orientar os operadores de ETE, quanto ao uso do biossólido. Destaca ainda que no Distrito Federal, a distribuição do lodo de esgoto para fins agrícolas somente é realizada mediante a garantia de que os usuários do resíduo respeitem as normas recomendadas pela United States Environmental Protection Agency (USEPA).

A reciclagem agrícola do lodo é uma prática promissora para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis, pois transforma o lodo em um insumo agrícola (biossólido), contribuindo assim para fechar o ciclo bioquímico dos nutrientes minerais, fornecendo matéria orgânica ao solo, estocando, assim, o carbono na forma de compostos estáveis e não liberando CO₂ na atmosfera (LOBO, 2013).

A aplicação do biossólido em solos agrícolas e florestais tem sido uma das técnicas alternativas preconizadas para a reciclagem desses resíduos orgânicos, uma vez que além de beneficiar as culturas por eles adubadas, esta prática representa uma forma efetiva de destinação adequada do resíduo gerado em ETE.

Sua composição varia de acordo com o processo de tratamento e com o caráter sazonal, podendo ser caracterizada com 99,9% de água e 0,1% de sólidos, deste mínimo percentual da fase sólida, predomina a fração orgânica (70%) sobre a fração inorgânica (30%) (MELO, 2000).

Na Tabela 1, apresenta-se a composição química média de lodo de esgoto estimada a partir de estudo desenvolvido por Bortolini (2014).

Parâmetros	Valor	Parâmetros	Valor
pH	7,5	S (%)	0,8
Umidade (%)	10,2	B (mg.Kg ⁻¹)	24,0
MO (%)	16,7	Cu (mg.Kg ⁻¹)	114,0
N (%)	1,2	Mn (mg.Kg ⁻¹)	222,0
P ₂ O ₅ (%)	0,7	Zn (mg.Kg ⁻¹)	283,0
K ₂ O (%)	0,1	Fe (mg.Kg ⁻¹)	7519,0
Ca (%)	5,3	Relação C/N	8,2
Mg (%)	0,3	-	-

Legenda: pH – Potencial Hidrogeniônico, Umidade – dada em %, M.O – matéria orgânica, N – Nitrogênio, P₂O₅ – Fósforo, K – Potássio, Ca – Cálcio, Mg – Magnésio, S – Enxofre, B – Boro, Cu – Cobre, Mn – Molibdênio, Zn – Zinco, Fe – Ferro e Relação C/N – Relação Carbono / Nitrogênio.

Fonte: Bortolini (2014).

Contudo, devido a sua origem o lodo além de concentrar matéria orgânica e nutrientes essenciais ao crescimento vegetal, também pode acabar por se tornar fonte de metais e de organismos patogênicos e oferecer sérios riscos ambientais. Por essa razão, a utilização do biossólido na agricultura deve ser criteriosa e monitorada para que seu uso seja uma prática ambientalmente segura.

2.4.1 Uso do biossólido na recuperação de áreas degradadas

A disposição dos biossólidos para recuperação de áreas degradadas e a reciclagem agrícola são as medidas mais ambientalmente aconselháveis para o lodo, tendo em vista a viabilidade da reciclagem dos nutrientes e a promoção de melhorias químicas e físicas na estruturação do solo (SANTOS, 2001; GODOY, 2013).

Sampaio et al. (2012), aplicou o biossólido para recuperação de áreas degradada com objetivo de verificar o efeito da adição de lodo de esgoto na melhoria das características físicas de um solo degradado (Neossolo Quartzarênico) cultivado com espécies nativas da Mata Atlântica, na Fazenda Entre-Rios, Itatinga-SP. Ficou comprovado o aumento dos agregados do solo conforme o aumento das doses de lodo, até 12 meses após sua aplicação. Comprovou-se ainda que as porosidades (macro, micro e total) do solo também foram aumentadas com as maiores doses de lodo de esgoto até seis meses após sua aplicação e que a microporosidade foi aumentada até 12 meses após a aplicação. Ocorreu ainda o aumento da umidade do solo em função do aumento das doses de lodo no solo até seis meses após a aplicação.

CASTRO (2002), conduziu experimento em área degradada, com as culturas da aveia e do milho em solo bem drenado, com topografia sem ondulações, classificado como Cambissoloálico e textura argilosa na Fazenda Experimental do Cangüiri - UFPR, em Pinhais/PR, em convênio com a SANEPAR, tendo resultados superiores com a produção de matéria seca de aveia e de milho nos tratamentos em que foi aplicado lodo de esgoto. Ocorreu ainda variações em relação ao pH, influenciadas diretamente pela interação dos fatores adubação e degradação; bem como aumento dos teores de cálcio e

magnésio pela utilização do lodo calado, melhorando os valores Capacidade de Troca de Cátions (T) e Percentagem por Saturação de Bases (V%).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As tipologias de pesquisas utilizadas neste projeto foram classificadas quanto aos fins e quanto aos meios (VERGARA, 2009). Assim, o presente estudo trata-se de uma pesquisa exploratória, descritiva e aplicada, do ponto de vista dos fins. Consiste em uma pesquisa exploratória, porque não foi encontrada a existência de estudos ou experimentos que proponham as técnicas de plantio da cultura da palma forrageira adubada com biossólido, para fins de recuperação de área degradada, que é o objeto de estudo desta pesquisa.

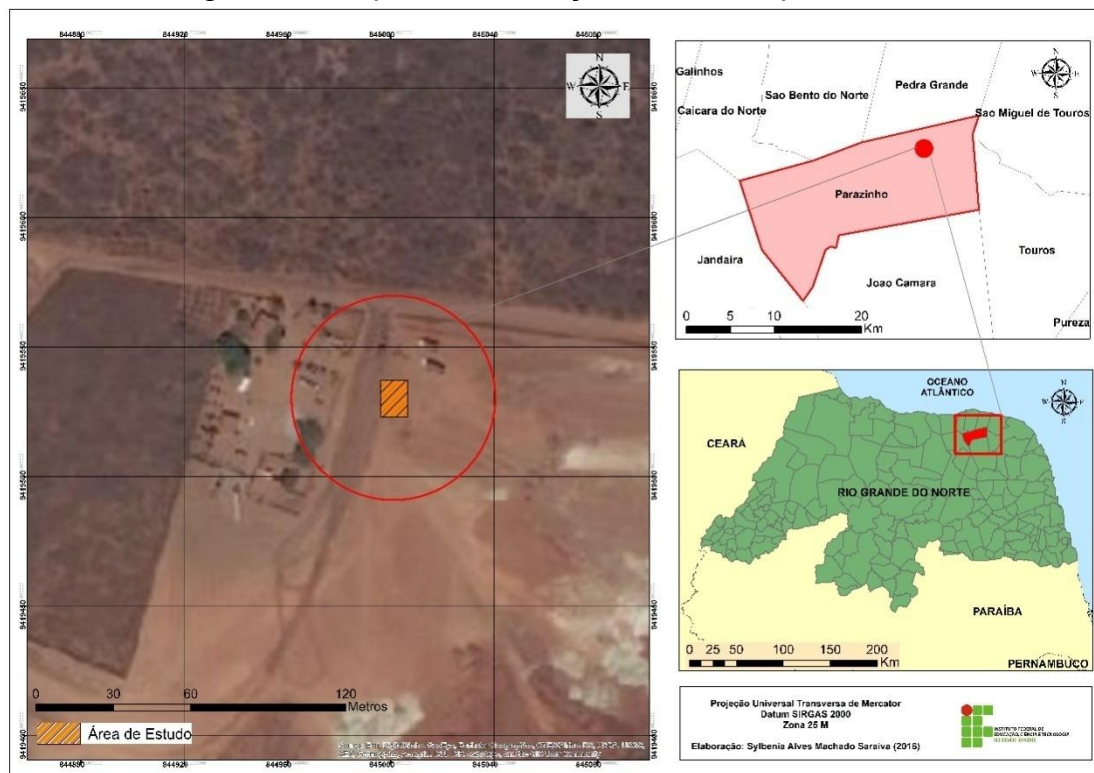
Por fim, caracteriza-se como uma pesquisa descritiva, pois irá descrever os processos de desenvolvimento da pesquisa, bem como comparar os resultados dos métodos e técnicas utilizados. E, também, caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, pois será desenvolvida pela necessidade de resolver problemas reais, além de alternativas viáveis ambiental e economicamente, para recuperação de áreas degradadas.

Já do ponto de vista dos meios, essa pesquisa será bibliográfica e de campo. A fundamentação teórica será realizada a partir de pesquisa bibliográfica, envolvendo levantamentos de dados em sites oficiais e em publicações de literatura especializada sobre os assuntos abordados no presente estudo. A pesquisa será de campo, porque a parte experimental envolverá a implantação de um experimento em escala real numa área degradada.

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi desenvolvida em uma área experimental, situada no Sítio São Miguel Arcanjo, na Zona Rural do Município de Parazinho/RN, conforme mapa de localização (Figura 01).

Figura 1 – Mapa de localização da área experimental.



Fonte: autoria própria (2016).

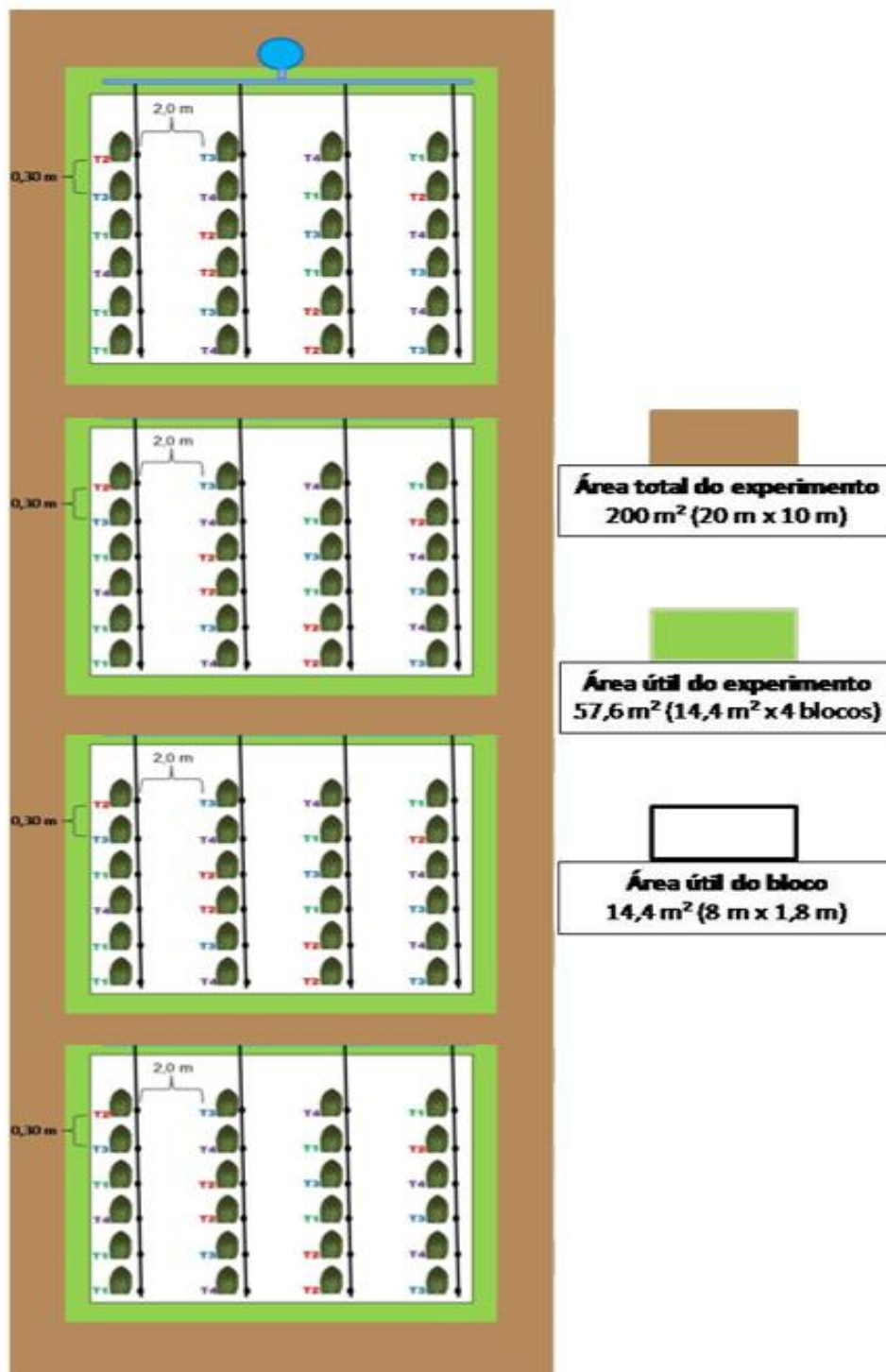
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos casualizados (GOMES, 1984; GHEYI, 2003). Para cada bloco do experimento foram aplicados quatro tratamentos (T1, T2, T3 e T4) conduzidos com 06 repetições (Figura 2).

O espaçamento adotado consistiu em 2,0 m entre fileiras e 0,30 m entre plantas. Cada bloco foi separado por sulcos, distanciando 2,0 m entre um bloco e outro, como forma de isolar interferências entre os tratamentos de cada bloco. E, mesmo os sulcos não sendo preparados em curva de nível, eles foram posicionados cortando a inclinação da área, para evitar o escoamento intenso das chuvas, obedecendo as recomendações dadas pelas EMPARN (2015).

No total, a área útil de cada bloco foi de 14,4 m², totalizando 57,6 m² de área experimental.

Figura 2 – Layout de distribuição das raquetes em um bloco.



Fonte: autoria própria (2016).

O tratamento T1 representou a testemunha absoluta. Nesse tratamento, o cultivo da palma forrageira foi apenas irrigado, sem nenhum tipo de

adubação. No tratamento T2, foi realizado o cultivo da palma forrageira, irrigada e adubada organicamente com esterco de curral, seguindo a recomendação de 13 t/ha. O tratamento T3, foi cultivada a palma forrageira irrigada e adubada com bio sólido, baseando-se na recomendação de 13 t/ha. Já o tratamento T4, consistiu no cultivo de palma forrageira adubada com duas vezes a dose recomendada, totalizando 26 t/ha de bio sólido. A recomendação de adubação orgânica foi sugerida a partir da análise de solo realizada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). A ordem de distribuição dos tratamentos no bloco foi realizada por sorteio para garantir a aleatoriedade nos tratamentos.

3.3 TRATOS CULTURAIS

A palma forrageira foi cultivada em fileiras simples, utilizando o sistema de irrigação por gotejamento (gotejo a cada 0,3 m), mantendo a uniformidade em todas as parcelas do experimento (Figuras 3 e 4).

Figuras 3 e 4 – Sistema de irrigação adotado na área experimental.

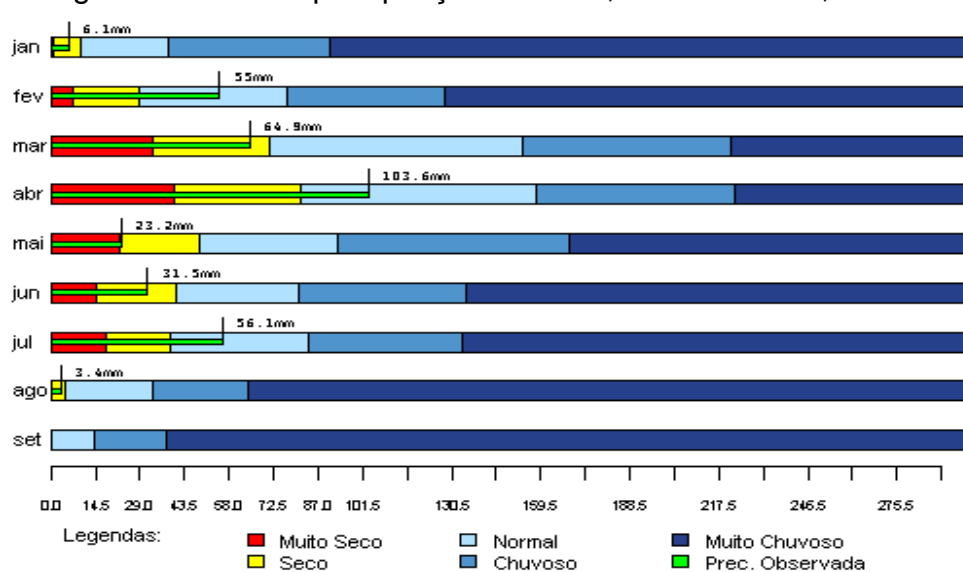


Fonte: autoria própria (2016).

Segundo EMPARN (2015), usou-se uma lâmina de água de 5 L/h/metro linear, a cada semana. Porém, nas semanas em que houve maior precipitação no local (Figura 5), não houve irrigação para evitar apodrecimento da planta, principalmente durante os meses de março e abril. Para o bom desenvolvimento da cultura, foram realizadas as capinas, devendo em plantios

adensados ser efetuadas, em média, três capinas por ano (SANTOS et al., 2006).

Figura 5 – Análise precipitação mensal, em Parazinho, em 2017.



Fonte: EMPARN (2017)

3.4 CARACTERIZAÇÃO E PREPARO DO BIOSSÓLIDO

O bioossólido (lodo de esgoto) utilizado foi proveniente da ETE do Campus Universitário da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). A estação utiliza o processo de valo de oxidação, seguido de decantador secundário e leito de secagem.

A caracterização microbiológica e química foi realizada através dos parâmetros de coliformes totais utilizando a metodologia de tubos múltiplos, pH, carbono orgânico, nitrogênio, boro, cobre, manganês, zinco, ferro, de acordo com o descrito em APHA, AWWA e WEF (2012), Silva (1977) e Kiehl (1985), conforme Tabela 2.

O bioossólido recebeu a aplicação de cal virgem (caleação) em quantidade necessária para desinfecção dos organismos patogênicos. De acordo com Harry (1995), a aplicação de cal virgem deve ser calculada com base na proporção mínima de 50 % do peso seco, podendo esse valor chegar até 70 %. Desse modo, como para cada tonelada de lodo de esgoto existem cerca de 13 % de sólidos secos, deve-se ser adicionado de 65 kg/tonelada, sendo esse valor calculado proporcionalmente para tratar o bioossólido que foi

utilizado nesse experimento. Uma vez realizada a caleação, o bio-sólido permaneceu durante 40 dias, armazenado sobre lona, em espaço cimentado, protegido da chuva, mas aberto para receber a luz do sol, porém telado para evitar o possível contato de pessoas ou animais.

Na Tabela 2, são apresentados os parâmetros analisados no bio-sólido, após a caleação.

Tabela 2 - Análises químicas do bio-sólido.	
Parâmetros	Valor
pH	7,5
Carbono orgânico (%)	29,70
N (mg.Kg ⁻¹)	56,60
B (mg.Kg ⁻¹)	22,61
Cu (mg.Kg ⁻¹)	225
Mn (mg.Kg ⁻¹)	106
Zn (mg.Kg ⁻¹)	1,237
Fe (mg.Kg ⁻¹)	10,275
Ni (mg.Kg ⁻¹)	0,44
Cd (mg.Kg ⁻¹)	0,01
Pb (mg.Kg ⁻¹)	0,30
Cr (mg.Kg ⁻¹)	0,43
Coliformes totais	Ausentes

Fonte: EMPARN (2017).

3.5 PREPARO DO SOLO E DAS SEMENTES

O preparo do solo foi realizado pela aração e gradagem cruzada, visando melhorar as condições físicas do solo.

Após o preparo do solo houve o isolamento da área experimental, cercada com estacas e arame farpado e ainda, protegido por tela, para evitar a presença de animais consumidores (preás) de palma.

As mudas de palma forrageira foram doadas e seguiram o método de plantio recomendado pela EMPARN. Conforme o referido método há a necessidade de desidratação da palma, sendo este procedimento realizado durante 15 dias a sombra. Foram selecionadas as sementes de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta Haw*), por apresentar maior resistência à cochonilha, que é a principal praga que ataca a palma forrageira. Após esse período, as raquetes sementes foram ser plantadas diretamente no solo, já preparado (EMPARN, 2015).

3.6 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Cumpridas as etapas estabelecidas, a área do experimento foi acompanhada semanalmente para a realização da irrigação da palma cultivada e o desenvolvimento da planta, avaliando os tratamentos implantados.

3.6.1 Avaliação do desenvolvimento da palma forrageira

Para acompanhar o desenvolvimento da palma forrageira as medições biométricas foram realizadas em intervalo de 30 dias. Foram avaliados os dados da planta baseados em Silva et al. (2015), como altura (cm), largura (cm), número de raquetes por planta (unidades) e por ordem de surgimento de raquetes. Já as raquetes foram avaliadas pelo comprimento (cm), largura (cm) e espessura (mm). Para determinar a altura e largura da planta foi utilizada uma fita milimetrada e para avaliar a espessura das raquetes foi utilizado o paquímetro graduado.

A produtividade da cultura foi dada na finalização do experimento, momento em que foi realizado o corte da planta, deixando apenas a planta base, para verificando a produtividade (t/ha) e massa verde.

Com o ciclo de chuvas iniciado em fevereiro, ocorreu o ataque da praga da lagarta na palma (Figura 6 e 7), atingindo cerca de 12 plantas. Embora tenha causado injúria nas plantas, o combate foi realizado sem prejudicar o experimento. Para eliminação da lagarta foi realizada a captura manual. Esse procedimento foi realizado devido a pequena extensão da área do experimento, do acompanhamento de campo, que ocorreu sempre de forma sistêmica (permitindo uma rápida identificação do ataque) e do reduzido número de plantas atingidas.

Figura 6 e 7 – Ataque de lagarta na palma forrageira.



Fonte: autoria própria (2017)

3.6.2 Diagnóstico e avaliação da recuperação do solo

No diagnóstico e na avaliação da recuperação do solo, as amostras de solo foram coletadas a uma profundidade de amostragem de 20 cm. Após a coleta, as amostras de solo foram processadas, sendo secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com abertura de 2 mm e caracterizadas física e quimicamente.

3.6.2.1 Análises químicas

As amostras de solo submetidas à caracterização química foram analisadas de acordo com metodologias da EMBRAPA (1999):

- pH em H₂O – A acidez ativa do solo foi determinada a partir de uma suspensão solo-água na proporção de 1:2,5 posteriormente analisada em potenciômetro.
- H + Al - A acidez potencial foi determinada em solução de acetato de cálcio e titulação alcalimétrica do extrato.
- Cátions trocáveis (Ca, Mg, Na e Al) - Para extração dos teores trocáveis de Ca, Mg e Al, foram adotados procedimentos de ataque com solução de cloreto de potássio (KCl 1M), sendo a determinação de cálcio e magnésio

realizada por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) e a determinação de alumínio trocável por volumetria.

- Fósforo “disponível”, potássio e sódio trocáveis e micronutrientes (Fe, Zn, Cu e Mn) - Para extração do fósforo “disponível”, potássio e sódio trocáveis e metais pesados foram adotados procedimentos de ataque com solução duplo-ácida (HCl 0,05M + H₂SO₄ 0,0125 M, (Mehlich 1), sendo fósforo “disponível” determinado pela técnica de espectroscopia, através da leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolibdico. Potássio e sódio trocáveis foram determinados por fotometria de chama e os micronutrientes Fe, Zn, Cu e Mn por espectrofotometria de absorção atômica (EAA).
- Condutividade elétrica do solo - Determinada no extrato de saturação, a partir de um sistema de extração a vácuo e determinação da condutividade elétrica (dS m⁻¹) utilizando-se um micro condutímetro.

A partir dos resultados das análises químicas serão determinados:

- Soma de bases (SB):
SB = Ca + Mg + K + Na (cmol_c/dm³ de solo)
- Capacidade de troca de cátions potencial ou total (CTCt):
CTCt = SB + (H + Al) (cmol_c/dm³ de solo)
- Porcentagem de saturação por bases (V%):
V = SB/ CTCt x 100 (%)
- Porcentagem de sódio trocável (PST %):
PST = Na / CTC x 100

3.6.2.2 Análises físicas

- Granulometria - Para a determinação das frações granulométricas expressas em g/kg⁻¹ foi utilizado o método da pipeta (EMBRAPA, 1999),

sendo utilizado como agente dispersante das partículas o hexametáfosfato de sódio.

- Densidade de partículas (Dp) - A determinação da Dp será realizada pelo método do balão volumétrico, descrito pela Embrapa (1997).
- Determinação da capacidade de retenção de água no solo – Amostra de solo deformadas foram previamente saturadas em placas de cerâmica e submetidas aos potenciais de 1/3 Atm e 15 Atm para determinação da capacidade de retenção de água no solo.

3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos foram analisados no programa estatístico *Assistat*, versão 7.7 e submetidos à análise de variância com teste de F, utilizando-se o Teste de *Tukey* a nível de 5% de probabilidade para comparação entre médias de tratamentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, apresentam-se os resultados e discussão desta pesquisa.

4.1 ALTURA, LARGURA E MASSA VERDE DA PALMA

A massa verde, altura e largura das palmas foram calculadas ao final do experimento (Figura 8), com aproximadamente 180 dias após o plantio (DAP).

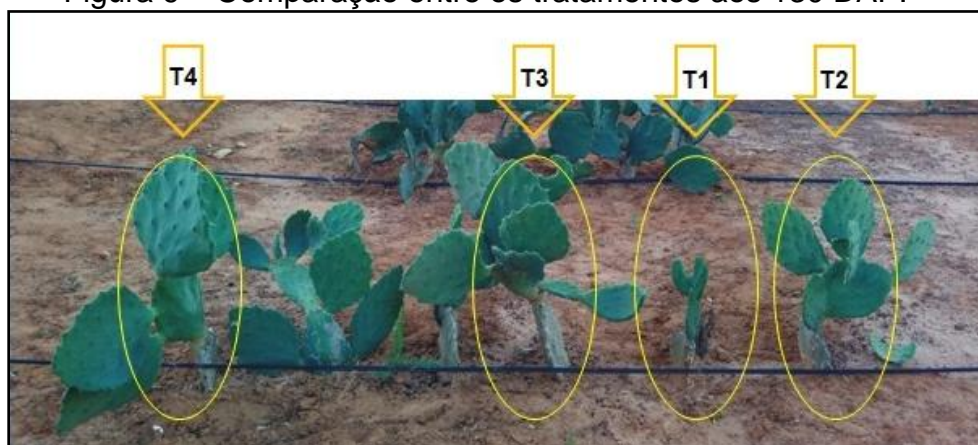
Figura 8 – Área de cultivo do experimento.



Fonte: autoria própria (2017).

Em relação à altura das plantas foi observado que os tratamentos que envolveram a adubação com biossólido ou com esterco bovino foram significativamente superior e 'sem relação à testemunha sem adubação, conforme mostra a Figura 9.

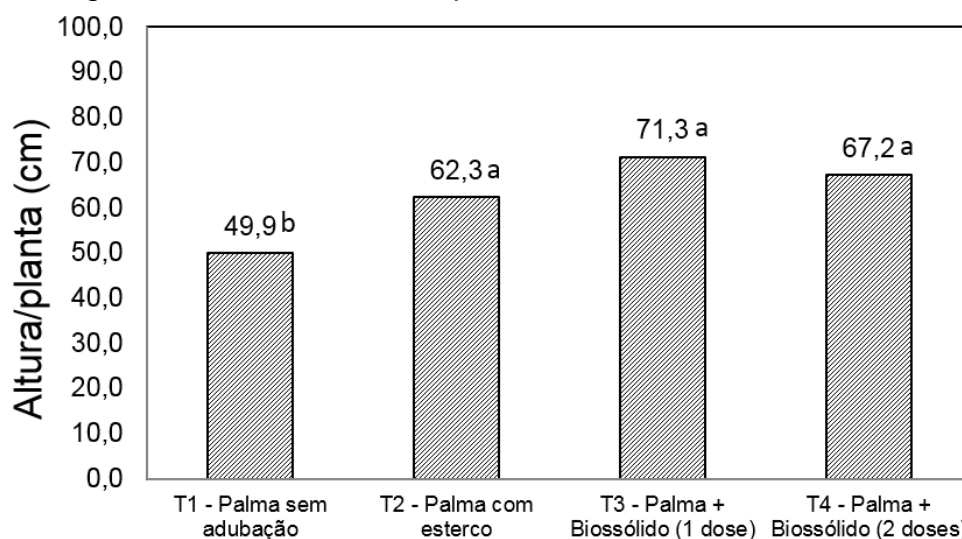
Figura 9 – Comparação entre os tratamentos aos 130 DAP.



Fonte: autoria própria (2017)

Isso aponta que a cultura responde de forma favorável a adubação orgânica, refletindo diretamente sobre a produção do palmar em estudo. Os resultados mostram que a média de altura atingida no T3 (71,3 cm) aos 180 DAP, se aproxima da altura que a palma atingiu aos 300 DAP no estudo realizado por Gomes (2011), onde o tratamento com 30 t de esterco bovino + 30 t de esterco caprino, atingiu 73,57 cm.

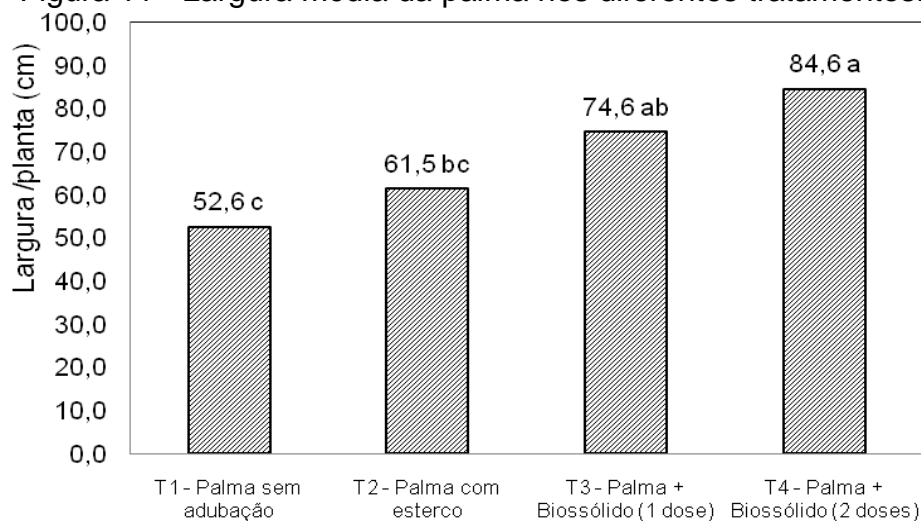
Figura 10 –Altura média da palma nos diferentes tratamentos.



Fonte: autoria própria (2017)

Na Figura 11 é apresentada a largura média da palma nos diferentes tratamentos. A largura da planta se mostra superior nos tratamentos T3 e T4, em relação a todos os outros tratamentos (Figura 11).

Figura 11 –Largura média da palma nos diferentes tratamentos.



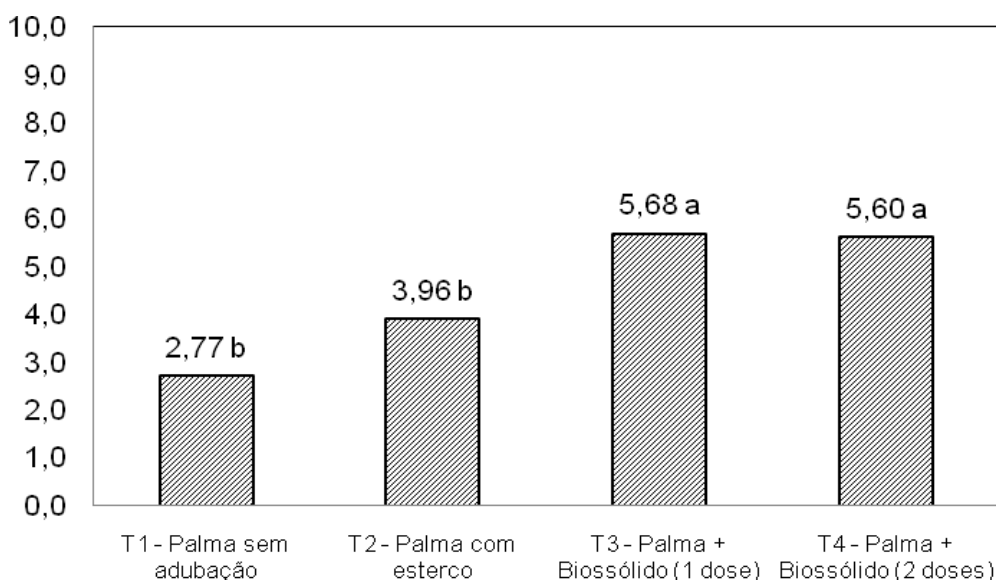
Fonte: autoria própria (2017)

Pode-se observar que, esse parâmetro foi mais expressivo no tratamento T4, provavelmente devido ao maior fornecimento de matéria orgânica (2x dose de Biossólido) e nutrientes presentes no biossólido.

O desenvolvimento da palma permitiu que a mesma amortecesse o forte impacto das chuvas ocasionais e torrenciais, comumente observadas na região, durante o período da experimentação, contribuindo assim, para proteção do solo degradado. De acordo com a recomendação de Figueiredo (2013), a palma forrageira é indicada como uma das culturas destinadas à proteção do solo degradado, pois a palma consiste em uma excelente alternativa mitigadora dos efeitos da ação humana, proporcionando um maior equilíbrio no ambiente, servindo como quebra vento e auxiliando no controle da erosão hídrica ou eólica e redução da temperatura no solo.

Em relação à produção média de massa verde, observou-se que os tratamentos com adubação de biossólido (T3 e T4), foram significativamente superiores aos demais tratamentos (Figura 12).

Figura 12 –Produção média de massa verde da palma (kg/planta) nos diferentes tratamentos.



Fonte: autoria própria (2017).

Na região de Parazinho-RN, o cultivo da palma é comumente realizado sem um preparo adequado do solo e em sistema de sequeiro, sendo a semeadura sempre antecedendo no período chuvoso. O uso do sistema de irrigação viabiliza o cultivo da palma, mas somente essa prática não garante

uma boa produção, sendo necessário o uso de tecnologias como o adensamento e a fertilização (EMPARN, 2015; DUBEUX JR. et al., 2006).

Souza et al. (2013), destaca que dos cultivadores de palma de um município no semiárido paraibano, 54% utilizam esterco bovino como fonte orgânica de adubação, por ser encontrado com maior facilidade, seguindo de 6% que adubam com esterco caprino e 40% que usam esterco bovino e caprino, juntos. Gomes (2011) alcançou melhores resultados na produtividade da palma, variedade gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill), ao utilizar 60 t de esterco caprino e o segundo melhor resultado quando utilizou 30 t de esterco bovino. Porém, para adubar com esterco caprino nessa quantidade só é viável se houver disponibilidade, visto que metade dessa quantidade já se alcançaria bons resultados. Já Araújo et al. (1974) encontrou resultados diferentes, pois a resposta de produtividade com adubação com esterco bovino foi superior em 50% à de esterco caprino.

Ao se comparar a produção do tratamento testemunha absoluta (T1) com a dos tratamentos realizados com adubação T2 (Esterco), T3 (1x dose de Biossólido) e T4 (2x dose de Biossólido) e, verificou-se o ganho de produção de massa verde da ordem de 42,9%, 105,1% e 102,2%, respectivamente para os tratamentos T2, T3 e T4, corroborando com o estudo realizado por Dubeux Jr. et al. (2006) que afirmam que a adubação da palma, aliada ao sistema de irrigação consistem em uma importante estratégia para o manejo da cultura e aumento da produção de forragem, sobretudo em pequenas propriedades.

Esses dados demonstram a real necessidade de adubação do solo para o cultivo da palma, prática é pouco utilizada pelos pequenos produtores da região que cultivam a palma para alimentação animal, o que tem resultado em produções insatisfatórias, ao longo dos anos.

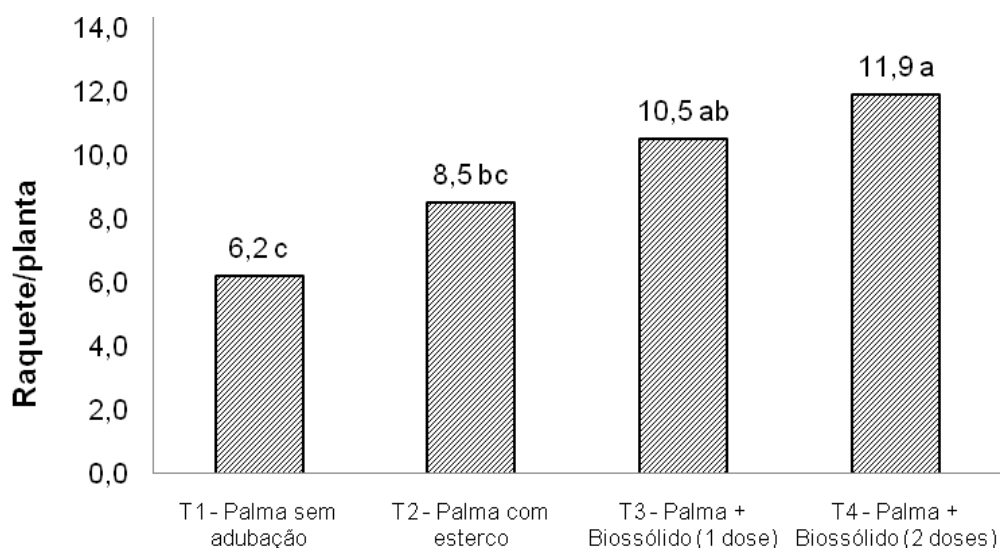
Durante a condução do experimento também foi realizada a contagem das raquetes por cada planta, a cada 30 dias. Antes do corte para pesagem da massa verde (Figura 13), foi realizada a contagem final de raquetes (Figura 14) e o tratamento T4 apresentou maior média de raquetes superando em 91,9%, 13,3% e 40,0% respectivamente em relação a T1, T3 e T2. Dessa forma, esses resultados demonstram que o maior fornecimento de matéria orgânica eleva a formação de novos brotos e, conseqüentemente, o número de raquetes por planta.

Figura 13 – Quantificação de massa verde da palma.



Fonte: autoria própria (2017).

Figura 14 – Número médio de raquetes por planta nos tratamentos.



Fonte: autoria própria (2017).

De modo geral, T3 e T4 apresentavam maior surgimento dos novos brotos (raquetes) em relação a T1 e T2. Contudo, ao analisar junto com a produção de massa verde, mesmo T4 contendo um maior número de raquetes, o peso final de T3 é superior, ou seja, apesar do número de brotos, o desenvolvimento e amadurecimento das raquetes no T3 eram melhores. Em campo, observou-se que as raquetes do T3 eram mais firmes, robustas.

4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS EM ÁREA NATIVA, DEGRADADA E CULTIVADA COM PALMA FORRAGEIRA

Na Tabela 3 apresentam-se os resultados da caracterização física do solo coletado na profundidade de 0-20 cm, na área nativa e na área degradada antes da implantação do experimento com a palma forrageira.

Tabela 3 – Caracterização física inicial das amostras de solo, na camada de 0-20 cm da área nativa e da área degradada.

Amostra	Areia	Argila	Silte	Densidade do Solo	Capacidade de campo	Ponto de murcha	AD
					U_{CC} 0,03 MPa	U_{PM} 1,5 MPa	
	gkg^{-1}			$kgdm^{-3}$	$kgkg^{-1}$	$kgkg^{-1}$	$kgkg^{-1}$
Área nativa	780	120	100	1,56	0,070	0,041	0,029
Área degradada	810	80	110	1,48	0,070	0,045	0,025

LEGENDA: AD – Água disponível = $U_{CC} - U_{PM}$, onde U_{CC} = umidade gravimétrica do solo na capacidade de campo $kg.kg^{-1}$ e U_{PM} = umidade gravimétrica do solo no ponto de murcha permanente $kg.kg^{-1}$.

Fonte: autoria própria (2017).

Na área degradada houve uma redução de 33,3% do teor de argila em relação à área nativa, que de acordo com o histórico da área ocorreu devido à remoção da piçarra, para construção das vias de acesso dos parques eólicos, e a atuação da erosão hídrica na área (Tabela 2). Embora tenha havido redução da densidade, o solo na área degradada apresenta-se na faixa de densidade considerada normal para solos arenosos ($1,26 kg.dm^{-3}$ a $1,6 kg.dm^{-3}$) de acordo com Reichardt (1987).

A Tabela 4 apresenta os resultados dos parâmetros físicos das amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20cm da área cultivada com palma forrageira em seus diferentes tratamentos.

Tabela 4 – Caracterização física das amostras de solo na área de cultivo da palma forrageira, na camada de 0-20cm.

Amostra	Areia	Argila	Silte	Densidade do Solo	Capacidade de campo U_{CC} 0.03 MPa	Ponto de murcha U_{PM} 1,5 MPa	AD
	gkg ⁻¹			kgdm ⁻³	%	%	%
T1	726a	140a	133a	1,46a	12,33 ^a	5,59a	6,74 ^a
T2	731a	115a	153a	1,45a	12,44 ^a	5,49a	6,95 ^a
T3	734a	125a	140a	1,48a	11,67 ^a	5,19a	6,48 ^a
T4	734a	120a	145a	1,46a	11,89a	5,61a	6,28 ^a

LEGENDA: AD – Água disponível = $U_{CC} - U_{PM}$, onde U_{CC} = umidade gravimétrica do solo na capacidade de campo kg.kg⁻¹ e U_{PM} = umidade gravimétrica do solo no ponto de murcha permanente kg.kg⁻¹.

Fonte: autoria própria (2017).

Na Tabela 4 observa-se que na área experimental predomina a fração areia na composição do solo não havendo mudança de classe textural entre os tratamentos estudados, apenas havendo mudança nas áreas dos tratamentos em relação ao diagnóstico realizado na fase inicial do estudo (Tabela 3), permanecendo mesmo assim a classificação granulométrica de Areia Franca.

Contudo, foi observado que os percentuais de argila e silte na área em recuperação se elevaram em todos os tratamentos e blocos analisados, podendo ser atribuídos à proteção que o cultivo da palma proporcionou ao solo frente ao processo erosivo diagnosticado no local. Assim, pode-se afirmar que a análise granulométrica forneceu excelentes contribuições ao monitoramento da recuperação do solo na área estudada.

Em relação à retenção de umidade do solo, observa-se que houve redução desse parâmetro na área degradada, provavelmente, correlacionada com a menor teor de argila e maior teor de areia presentes, que reduziu a possibilidade do solo em reter e disponibilizar água para as plantas, anulando assim, a possibilidade de revegetação da área em estudo (Tabela 2).

Uma vez que não houve mudança de classe textural na área em processo de recuperação foi mantida a faixa de densidade considerada normal para solos arenosos ($1,26 \text{ kg.dm}^{-3}$ a $1,6 \text{ kg.dm}^{-3}$) de acordo com Reichardt (1987). Com relação à retenção de umidade do solo, observa-se que houve aumentos expressivos desse parâmetro, provavelmente, correlacionada com os acréscimos nos teores de argila observados, utilização da irrigação localizada na área experimental e maior área de recobrimento do solo com o cultivo da palma forrageira (Tabela 3).

4.3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS EM ÁREA NATIVA, DEGRADADA E CULTIVADA COM PALMA FORRAGEIRA

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da caracterização química do solo coletado na profundidade de 0-20 cm na área nativa e na área degradada antes da implantação do experimento com a palma forrageira.

Tabela 5 –Caracterização química das amostras de solo, camada de 0-20 cm.

Amostr a	pH H ₂ O	P mgdm ⁻³	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SB	CTCt	V%
			cmol _c dm ⁻³								
Área nativa	5,51	5	0,0	0,0	0,381	5,81	2,38	0,586	9,157	9,157	100
Área degrada da	5,60	4	2,96	0,0	0,373	2,41	1,13	0,191	4,104	7,064	58,09

LEGENDA: pH - Potencial hidrogeniônico, P – Fósforo, H + Al – Soma de Hidrogênio e alumínio, Al³⁺ - Alumínio, K – Potássio, Ca – Cálcio, Mg – Magnésio, Na – Sódio, SB – Soma das Bases, CTCt- Capacidade de Troca de Cátions total e V% - Percentagem por Saturação de Bases.
Fonte: autoria própria (2017).

A partir da caracterização química foi observado que tanto nas amostragens das áreas nativa quanto na degradada foram identificados que o solo da área em estudo apresenta-se de boa fertilidade, porém a área degradada apresenta-se quimicamente acidificada, e, quando comparada à área nativa, houve perda de 42% da fertilidade do solo (Tabela 5). A presença dos altos valores de cálcio (Ca^{2+}) nas áreas se justifica por ser uma região rica em calcário, conforme IDEMA (2008).

Após comparar os resultados de C.E., PST e pH das amostras das áreas nativa e degradada (Tabela 6) com a classificação de solos afetados por sais proposta por Richards (1954), concluiu-se que, para ambas as amostras de solo, a caracterização química demonstrou que o solo não apresenta problemas de salinização.

Tabela 6 – Classificação das amostras de solo, na camada de 0-20cm, quanto ao risco de salinização.

Amostra	Condutividade elétrica do extrato de saturação (dS.m^{-1})	PST (%)	pH H_2O
Área nativa	0,4445	4,58	5,6
Área degradada	0,0439	1,90	5,51

LEGENDA: Condutividade elétrica do Extrato Proporção, PST - Porcentagem de sódio trocável, pH – Medição do Potencial hidrogeniônico em água. Fonte: autoria própria (2017).

Na Tabela 7 são apresentados os parâmetros químicos das amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20cm na área cultivada com palma forrageira em seus diferentes tratamentos.

Tabela 7 – Caracterização química das amostras de solo na área de cultivo da palma forrageira, na camada de 0-20cm.

	pH H ₂ O	N gkg ⁻¹	P mgdm ⁻³	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SB	CTCt	V%
cmolcdm-3												
T1	6,7a	0,39a	3,25b	0,42a	0,02a	0,17 ^a	4,26a	2,06a	0,20a	6,69a	7,11a	94,1a
T2	6,8a	0,36a	6,50ab	0,42a	0,24a	0,17 ^a	4,90a	2,31a	0,24a	7,62a	8,04a	94,8a
T3	6,8a	0,40a	8,00ab	0,53a	0,20a	0,17 ^a	4,60a	2,18a	0,20a	7,15a	7,68a	93,1a
T4	6,7a	0,46a	18,25a	0,57a	0,19a	0,20 ^a	5,51 ^a	2,28a	0,19a	8,18a	8,75a	93,4a

LEGENDA: pH - Potencial hidrogeniônico, P – Fósforo, H + Al – Soma de Hidrogênio e alumínio, Al³⁺ - Alumínio, K – Potássio, Ca – Cálcio, Mg – Magnésio, Na – Sódio, SB – Soma das Bases, T - Capacidade de Troca de Cátions e V% - Percentagem por Saturação de Bases.

Fonte: autoria própria (2017).

A partir da caracterização química apresentada na Tabela 7, observa-se que o cultivo da palma forrageira melhorou a fertilidade do solo, elevando o pH, a CTC e o valor de saturação de bases (Tabela 5), sobretudo, em relação aos teores de cálcio e magnésio trocáveis. Observa-se também o incremento de teores de alumínio trocável, compatíveis com a adição de material orgânico nos tratamentos T2, T3 e T4, porém tal acréscimo em relação ao alumínio é insignificante uma vez que na quantidade presente no solo, o alumínio trocável não representa um fator de risco a produtividade da palma, bem como o bio-sólido foi calcado e a calciação inibe a disponibilidade de alumínio.

A baixa concentração de nitrogênio total presente no solo foi decorrente da alta exigência nutricional da palma para constituição de sua biomassa (Tabela 7).

Em relação ao fósforo disponível podemos afirmar que a cultura se apresentou pouco exigente quanto à absorção deste elemento, pois do total original de fósforo presente no solo degradado ($4,0 \text{ mg.dm}^{-3}$) a testemunha só absorveu $0,75 \text{ mg.dm}^{-3}$. Observando-se ainda que, independente da fonte de adubação orgânica, a mesma incrementou os níveis de fósforo disponível e, sendo a palma pouco exigente em relação a tal macronutriente, não seria recomendável a indicação de dosagem dupla de bio-sólido como recomendação de adubação para esta cultura.

Os resultados de C.E., PST e pH das amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20cm na área cultivada com palma forrageira em seus diferentes tratamentos estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Classificação das amostras de solo, na camada de 0-20cm, quanto ao risco de salinização na área de cultivo da palma forrageira.

Amostra	Condutividade elétrica do extrato de saturação (dS.m^{-1})	PST (%)	pH H_2O
T1	0,07 a	3,3 a	6,7 a
T2	0,10 a	3,2 a	7,1 a
T3	0,10 a	3,1 ab	6,8 a
T4	0,08 a	2,5 b	6,7 a

LEGENDA: Condutividade elétrica do Extrato Proporção 1:5, PST - Porcentagem de sódio trocável, pH – Medição do Potencial hidrogeniônico em água, Proporção 1:2,5

Fonte: autoria própria (2017).

Não foi constatado risco de salinização do solo na área em processo de recuperação de acordo com a classificação proposta por Richards (1954), apesar de se ter observado elevação nos parâmetros analisados, quando se compara os resultados observados na Tabela 6 e na Tabela 8.

Em relação a C.E. e pH não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados no experimento (Tabela 8), mas observou um aumento nos valores de pH em relação aos valores originais (Tabela 6). Apenas para o PST foi observada diferença significativa, com menor valor de C.E. no tratamento T4 em relação aos tratamentos T1 e T2.

5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que, em termos gerais, a área degradada objeto de estudo possui elevada acidez, apresentando perdas consideráveis de fertilidade, interface erosiva e baixa taxa de resiliência que possibilitasse a sua regeneração natural.

Em decorrência da interferência de fatores adversos foi observado impedimento ao cultivo de culturas tradicionais, que poderiam recuperar essa área, oferecendo proteção ao solo e preservando a fertilidade residual.

Os resultados apontam que o cultivo da palma irrigada respondeu favoravelmente a adubação orgânica, refletindo diretamente sobre a produção de massa verde, altura e largura de planta, demonstrando, portanto, uma real necessidade de adubação do solo para o cultivo da palma, sobretudo com uso do bio sólido.

O cultivo da palma recuperou atributos físicos na área em processo de recuperação, como resultado da maior proteção que a palma proporcionou ao solo, frente ao processo erosivo diagnosticado no local.

A partir da caracterização química observou-se que o cultivo da palma forrageira beneficiou a fertilidade do solo degradado, elevando o pH, a CTC e valor de saturação de bases, sobretudo, em relação aos teores de cálcio e magnésio trocáveis.

Conclui-se que a área degradada apresentou condições de recuperar-se, devido a alternativa adotada, sendo viável economicamente e ambientalmente seguro o cultivo da palma adubada com bio sólido, porém recomenda-se a continuidade da experimentação em campo, tendo em vista que a produção máxima da palma se dá no período de um a dois anos pós plantio.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2012.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J.R. de; GUERRA, A. J.T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

ARAUJO, P. E. S. et al. **Efeito dos esterco de bovino e de caprino na produção de palma Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill)**. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. Fortaleza. Anais...Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1974.

BELTRÃO, S.L.L. et al. **Ações de comunicação para a convivência com o Semiárido brasileiro**. Brasília: Embrapa, 2017. 62 p.: il. color. ; 14,8 cm x 21 cm. – (Documentos / Embrapa Informação Tecnológica, ISSN 2175-5566;2). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1071947>> Acesso em: 05 mai 2017.

BORTOLINI, Joseane. **Produção de mudas de espécies arbóreas nativas para a recuperação de áreas degradadas utilizando cama de aviário e lodo de Esgoto**. 2014. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão. 2014

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do Desenvolvimento Sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL, INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração: Técnicas de Revegetação**. Brasília: IBAMA, 1990. 96 p.

BRASIL, INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Instrução Normativa nº 4, de 13 de abril de 2011**. Brasília, 2011.

CASTRO, L. A. R. de; ANDREOLI, C.V.; PEGORINI, E. S.; TAMANINI, C. R. FERREIRA, A. C. **Efeitos do lodo de esgoto como recuperados de áreas degradadas com finalidade agrícola**. V SIMPOSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Anais... jun., 2002.

CHAGAS, W.F. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da Ilha de Governador e da Penha**. XIII, Dissertação (Mestrado) - Engenharia Sanitária e Saúde Pública pela FIOCRUZ/ENSP. Rio de Janeiro, 2000. 89 p.

CHIACCHIO, F. P. B.; MESQUITA, A. S.; SANTOS, J. R. **Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o Semiárido baiano**. Bahia Agrícola, Bahia, v. 7, n. 12, p.39-49, nov. 2006.

CLEVERSON, V; ANDREOLI, P.; MARCELO A. T. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final** / Cleverson Vitório Andreoli (coordenador). Rio de Janeiro:RIMA, ABES, 2001.

DANTAS, Fernanda Daniele Gonçalves. **Lâminas de água salina e doses de adubação orgânica na produção de palma Miúda adensada no semiárido**. (Dissertação de Mestrado em Produção Animal). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Especializada em Ciências Agrárias. Macaíba, 2015.

DUBEX, JR., J.C.B.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A. et al. **Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L) Miller under different N and P fertilizations and plant population in north east Brazil**. Journal of Arid Environments, v.67, n.3, p.357-372, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA-Meio ambiente). **Recuperação de Área Degradada**. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/unidade/index.php3?id=229&func=unid>> Acesso em: 20 jan 2016

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE. **Palma Forrageira: irrigada e adensada**. Natal: EMPARN, 2015.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE. **Reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido: palma, feno e silagem**. Guilherme Ferreira da Costa Lima et al.; Revisado por Maria de Fátima Pinto Barreto. Natal: EMPARN, 2010.

_____. Análise precipitação acumulada por mês, em Parazinho. Disponível em: <<http://187.61.173.26/monitoramento/monitoramento.php>> Acesso: 02 set 2017.

FERNADES, F.; SILVA, S. M. C. P. **MANUAL PRÁTICO PARA A COMPOSTAGEM DE BÍOSSÓLIDOS**: Fundamentos Básicos do processo de compostagem. Disponível em: <www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro_Compostagem.pdf>. Acesso em: 02 out. 2016.

FIGUEIREDO, Vânia Santos. **Perspectivas de recuperação para áreas em processo de desertificação no semiárido da Paraíba – Brasil**. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. En línea. Barcelona: Universidad de Barcelona, 10 de octubre de 2013, vol. XVII, nº 453. <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-453.htm>>. ISSN: 1138-9788.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) **Statistical Pocketbook: world food and agriculture**. Rome: FAO, 2015.

GOMES, F. P. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba: Potafos, 1984.

GOMES, Josemberg Batista. **Adubação orgânica na produção de palma forrageira (Opuntia fícus-indica (L) Mill), no Cariri paraibano**. Dissertação. Patos: UFCG/PPGC

HARRY, J. P. **Plano Piloto para gestão e reciclagem agrícola do lodo da ETE-Belém - Proposta de uma metodologia**. Curitiba: SANEPAR, 1995.

KIEHL, J.E. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S. **Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto**. 2008. 12 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção, Unesp/campus de Ilha Solteira, Unesp/campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira (SP), 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/38.pdf>>. Acesso em: 10 jan 2016.

LIRA, M.A. Et al. Meio Século de pesquisa com a palma forrageira (Opuntia e Napolea) – ênfase em manejo: In: ___ **Congresso Brasileiro de Zootecnia**. 16. 2006. Recife, ZOOTEC, 2006, 22 p. Disponível em: <<http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/palestras/3729-Meio-Sculo-Pesquisa-com-Palma-Forrageira-Opuntia-Napolea---Enfase-Manejo.html>>. Acesso em 10 de mar. 2016

MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL.W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141, 2000.

MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Agricultura familiar**. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/o-que-%C3%A9-agricultura-familiar>> Acesso em: 28 de jul. 2017

NOFFS, P.S.; GALLI, L.F.; GONÇALVES, J.C. **Recuperação de áreas degradadas da mata atlântica: Uma experiência da CESP - Companhia Energética de São Paulo**. (Caderno, 3). Disponível em: http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/rec_20areas_20mata_20atlantica.pdf> Acesso em: 27 de maio de 2016.

QUINTANA, N. R. G. **Análise econômica da aplicação de bio-sólido na agricultura**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp - Campus de Botucatu, Botucatu, 2006. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0026.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

RALISCH, R. [et al] ... Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo – DRES [recurso eletrônico]: / Ricardo Ralisch... [et al]. – Londrina: Embrapa Soja, 2017. 64 p. il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; 390).

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Recomposição de Florestas Nativas: Princípios Gerais e Subsídios para uma Definição Metodológica**. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental, Campinas, SP., v. 2, n. 1, p. 4-15, 2001.

ROCHA, Juliana Evangelista da Silva. **Palma Forrageira no Nordeste do Brasil: Estado da Arte**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos Sobral, CE, 2012. 40 p.

SÁ, I. B.; RICHÉ, G. R.; FOTIUS, G. A. As paisagens e o processo de degradação do semi-árido nordestino. In: SILVA, J. M. C. da; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T. da; LINS, L. V. (Org.). **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004. p. 17-36

SANTOS, H. G. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 286 p.

SANTOS, J. W. dos; GHEYI, H. R. (Ed.) **Estatística experimental aplicada**. Campina Grande: Gráfica Marcone LTDA, 2003. 213p.

SARAIVA, S. A. M.; CARVALHO, F. G. de. **Proposta de recuperação de área degradada no Assentamento Eldorado dos Carajás, no município de Macaíba/RN**. 2012. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Departamento de Recursos Naturais, IFRN, Natal, 2012.

SILVA, T. G. F. da et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p.10-18, jun. 2015. Disponível em: <http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/3630/pdf_241>. Acesso em: 11 jul. 2016.

SAMPAIO, Thalita Fernanda et al. LODO DE ESGOTO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: EFEITO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO. **R. Bras. Ci. Solo**, Online, v. 36, n. 5, p.1637-1645, jul. 2012.

SANTOS, D. C. dos; FARIAS, I.; LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos; ARRUDA, G. P. de; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. de. **Manejo e utilização da palma forrageira (Opuntia e Nopalea) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA. Documentos, 30).

SOUZA, JOSÉ THYAGO AIRES et al. **Métodos de adubação orgânica e manejo do solo, na cultura da palma forrageira no cariri paraibano**. Disponível em: file:///C:/Users/SYL/Downloads/8019-28124-1-PB.pdf. Acesso em: 02 set 2017

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TAVARES, S. R. L. (Ed). **Biocombustíveis sólidos: fonte energética alternativa visando a recuperação de área degradada e à conservação do Bioma Caatinga**. Brasília, DF:Embrapa; Natal, RN: Editora do IFRN, 2014.

TSUTIYA, M.T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2000. cap. 4, p.69-106.

CAPÍTULO 1 –DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE UMA ÁREA DEGRADADA NO AGRESTE POTIGUAR

Esse artigo foi submetido à Revista Gaia Scientia-UFPB e sua estruturação obedece às regras de publicação do periódico.

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE UMA ÁREA DEGRADADA EM PARAZINHO-RN

SYLBENIA ALVES MACHADO SARAIVA^{1*}, FABÍOLA GOMES DE CARVALHO

2

¹Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil, *E-mail: sylbeniasaraiva@hotmail.com

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE UMA ÁREA DEGRADADA EM PARAZINHO-RN

Autor ¹, Autor ²

RESUMO - A temática sobre a recuperação de áreas degradadas tem sido apontada como uma das alternativas para mitigar os problemas gerados na relação do homem com a natureza, no que diz respeito ao uso da água, do solo, da vegetação nativa e do ar. O objetivo desse estudo foi diagnosticar a situação ambiental de uma área degradada, situada no município de Parazinho-RN. Para consecução do estudo utilizou-se pesquisa exploratória e de campo. Na fase exploratória, foram obtidas informações disponíveis em sites governamentais (dados secundários), pesquisa em livros e artigos científicos. A fase de campo consistiu em visitas ao local com registro fotográfico, aplicação de entrevista semiestruturada e coleta de amostras de solo. Os resultados permitiram mostrar aspectos fisiográficos, econômicos e sociais que têm sido fragilizados por atividades antrópicas com uso e ocupação inadequados do solo, evidenciados por meio de desmatamento, extração de piçarra, cultivos insustentáveis, dentre outros aspectos negligenciados ao meio ambiente. Conclui-se que a área não apresenta condições de recuperar-se, devido à baixa taxa de resiliência, sendo necessárias alternativas de recuperação viáveis econômica e ambientalmente, a implantação de um plano de recuperação, envolvendo a revegetação como cultivo orgânico de cultura rústica, de fácil adaptação às condições edafoclimáticas locais.

Palavras-chave: Área degradada, recuperação de área, diagnóstico ambiental.

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE UN ESPACIO DEGRADADO EN PARAZINHO-RN

RESUMEN -El tema de la recuperación de áreas degradadas ha sido señalado como una de las alternativas para mitigar los problemas generados en la relación entre hombre y naturaleza, en relación al uso de agua, suelo, vegetación nativa y aire. El objetivo de este estudio fue diagnosticar la situación ambiental de un área degradada, ubicada en el municipio de Parazinho-RN. Para la realización del estudio, utilizamos investigaciones exploratorias y de campo. En la fase exploratoria, se

obtuvo información de los sitios gubernamentales (datos secundarios), investigación en libros y artículos científicos. La fase de campo consistió en visitas al local con registro fotográfico, aplicación de entrevista semiestructurada y recolección de muestras de suelo. Los resultados permitieron mostrar aspectos fisiográficos, económicos y sociales que fueron debilitados por actividades antrópicas con uso y ocupación inadecuadas del suelo, evidenciadas por deforestación, extracción de piçarra, cultivos insostenibles, entre otros aspectos negligentes para el medio ambiente. Se concluye que el área no es recuperable, debido a la baja tasa de resiliencia, son necesarias alternativas de recuperación económicamente y ambientalmente viables, la implementación de un plan de recuperación, envolviendo la reventa como cultivo orgánico rústico, de fácil adaptación a las condiciones climáticas y edáficas de la población.

Palabras clave: Área degradada, área de recuperación, diagnóstico ambiental.

ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS OF AN AREA DEGRADED IN PARAZINHO-RN

ABSTRACT - The theme of recovery of degraded areas has been pointed out as one of the alternatives to mitigate the problems generated in the relationship between man and nature, regarding the use of water, soil, native vegetation and air. The objective of this study was to diagnose the environmental situation of a degraded area, located in the municipality of Parazinho-RN. For the accomplishment of the field research. In the exploratory phase, information was obtained from government websites (secondary data), research on books and scientific articles. The field phase consisted of visits to the place with photographic record, application of semi-structured interview and collection of soil samples. The results allowed to show physiographic, economic and social aspects that have been weakened by anthropic activities within adequate use and occupation of the soil, evidenced by means of deforestation, extraction of piçarra, unsustainable crops, among other neglecting aspects to the environment. It is concluded that the area is not recoverable, due to the low resilience rate, economically and environmentally viable recovery alternatives are needed, the implementation of a recovery plan, involving revegetation as a rustic organic crop, of easy adaptation to local edaphic and climatic conditions.

Keywords: Degraded area. Recovery area. Environmental diagnosis.

INTRODUÇÃO

A temática sobre recuperação de áreas degradadas tem sido apontada como uma das alternativas para mitigar os problemas gerados na relação do homem com a natureza no que diz respeito ao uso indiscriminado dos recursos naturais. No presente estudo, os recursos naturais são entendidos como sendo qualquer insumo de que os organismos, as populações e os ecossistemas necessitam para sua manutenção em seu cotidiano (BRAGA *et al.*, 2005).

Uma área degradada é conceituada como aquela em que a intervenção do homem sobre o meio causou perturbações de natureza física, química ou biológica. Assim, a degradação atinge grandes ou pequenas extensões de terras, impedindo ou retardando o desenvolvimento da vida no local degradado. Também, considera-se área degradada àquela área que não possui condições de retornar por uma trajetória natural, ao estado do seu ecossistema semelhante ao conhecido antes, ou para outro estado que poderia ser esperado. Nesse contexto, recuperação será a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original (IBAMA, 2011).

No Rio Grande do Norte, um estudo realizado por pesquisadores da Embrapa/Embrapa Semiárido/Orstom, foi constatado que cerca de 25% das áreas do estado estão com problemas graves de degradação ambiental (SÁ *et al.*, 2004). A recuperação de áreas degradadas, conceituada como um conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das diferentes áreas do conhecimento humano, que visam proporcionar o restabelecimento das condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural. O caráter multidisciplinar das ações que visem proporcionar esse retorno deve ser tomado, fundamentalmente, como o ponto de partida do processo (TAVARES, 2014), contudo, Kobiyama *et al.* (2001) definiram recuperação de áreas degradadas como sendo o processo inverso à degradação, sem considerar o estado original da área, nem a que se destina futuramente (RODRIGUES & GANDOLFI, 2001). Nesse contexto, a recuperação da área degradada busca recuperar sua capacidade produtiva (função), seja na produção de alimentos e matérias-primas ou na prestação de serviços ambientais, conforme Embrapa (2015).

Justifica-se esse estudo uma vez que, a interferência do homem nos recursos naturais, principalmente vegetação e solo, na área objeto do estudo têm sido alarmantes, uma vez que as atividades econômicas do local vêm exaurindo a disponibilidade desses recursos. Ainda, pela existência de áreas degradadas que não são diagnosticadas, mas que no cotidiano essas áreas não desenvolvem suas funções, por não serem capazes de recuperar-se. E, também, pela inexistência de um estudo pontual tratando da recuperação da área degradada abrangendo a vegetação e o solo do local objeto do estudo. Frente a isso, espera-se contribuir com a gestão do uso dos recursos naturais aqui trabalhados, visto que qualquer ação realizada em um ambiente, seja ele natural ou já alterado, causa alguma forma de impacto, sendo necessário o estudo dessas áreas para que, a partir disso, seja possível estabelecer formas de usos que venham impactá-las minimamente.

Mediante a problemática exposta, esse estudo teve como objetivo geral é diagnosticar a situação ambiental de uma área degradada, situada no município de Parazinho-RN.

3 METODOLOGIA

Buscando atender ao objetivo proposto nesse artigo, optou-se pela pesquisa de caráter exploratório e de campo.

Na fase exploratória, foram verificadas informações disponíveis em sites governamentais, pesquisa em livros, artigos em revistas, periódicos e jornais.

A escolha da área degradada do estudo no município de Parazinho-RN, baseou-se na necessidade de que na área fosse permitido o desenvolvimento e implantação de uma proposta de recuperação de interesse do proprietário, pois a mesma encontra-se degradada há cerca de 6 anos.

Na fase de campo, o planejamento operacional consistiu em três etapas:

- Etapa 1: visitas técnicas na área objeto do estudo, num total de 03 visitas;
- Etapa 2: entrevista semiestruturada com o proprietário do imóvel, a fim de obter informações sobre o histórico de degradação da área;
- Etapa 3: coleta de amostras compostas de solo, no local de estudo e em uma área de referência de mata nativa preservada. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm. Após a coleta, as amostras de

solo foram submetidas às análises físicas e químicas (EMBRAPA, 1997), para a determinação de:

- Análises físicas: Granulometria e Densidade de partículas
- Análises químicas: pH em água, condutividade elétrica (CE) no extrato obtido pela pasta de saturação, fósforo assimilável, cátions trocáveis (Ca, Mg, K, Na, Al) e H + Al (acetado de cálcio).

A partir dos resultados das análises químicas obteve-se:

- Soma de bases (SB):

$$SB = Ca + Mg + K + Na \text{ (cmol}_e\text{/dm}^3 \text{ de solo)}$$

- Capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e):

$$CTC_e = SB + Al \text{ (cmol}_e\text{/dm}^3 \text{ de solo)}$$

- Capacidade de troca de cátions total (CTC_t):

$$CTC_t = SB + (H + Al) \text{ (cmol}_e\text{/dm}^3 \text{ de solo)}$$

- Porcentagem de saturação por bases (V%):

$$V = SB / CTC_t \times 100 \text{ (\%)}$$

As diferentes etapas da pesquisa consistiram na análise da situação de campo da área em estudo, para a partir dos resultados, elaborar o diagnóstico ambiental para caracterização da área, apresentando um panorama geral da situação da área degradada em comparação a uma área intacta da mesma região.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa sessão serão apresentados os resultados obtidos a partir do desenvolvimento da metodologia.

4.1 Descrição geral da área de estudo

A área de estudo está situada no Sítio São Miguel Arcanjo, no Povoado Lagoa de Vera Cruz, s/n, Zona Rural – Parazinho-RN, CEP 59.586-000, que possui um total de 22 hectares, dos quais cerca de 6 hectares, encontram-se degradados (Figura 1).

Figura 01

De acordo com levantamento de informações, a degradação da área de estudo deu-se a partir 1975, com a supressão da vegetação para cultivo da cultura do cajueiro comum (*Anacardium occidentale* L.). É uma cultura perene e o tempo esperado até a produção de frutos permitiu ao proprietário o cultivo de outras culturas de subsistência de ciclos mais curtos, como a mandioca (*Manihot esculenta*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*), com produção satisfatória apenas para a mandioca.

Com a aquisição da área pelo atual proprietário, em 1997, o local foi novamente desmatado para produção de pastagem natural usada na criação de ovelhas. Porém, a partir de 2011, o local foi destinado à extração de saibro (piçarra) para construção das vias de acesso para os parques eólicos de responsabilidade da empresa Cromo Construções LTDA, através de Licença Simplificada nº 2010-040647-TEC/LS-0472, emitida pelo órgão ambiental licenciador do Estado do RN, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA).

A partir da extração da piçarra, formaram-se algumas depressões na superfície do solo e conseqüentemente, parte da área afetada teve sua topografia reconfigurada mediante a reposição de solo, trazidos de escavações realizadas na construção das bases dos aerogeradores dos parques eólicos situados em Parazinho/RN. De um modo geral, exceto por esta medida implantada, não são perceptíveis outras providências que foram tomadas no sentido de recuperar os danos causados, restando às depressões formadas, a compactação do solo e ausência de vegetação.

Na Figura 02, registrada em abril de 2015, observa-se que o solo no local da pesquisa apresenta-se exposto, fonte pontual de erosão laminar e presença de selamento superficial, o que justifica a dificuldade de estabelecimento da vegetação nativa e a regeneração natural.

Figura 02

De acordo com os dados obtidos através do serviço de meteorologia da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte (EMPARN), entre os anos 2015 e 2016, ocorreram precipitações irregulares no município. Em 2015, a média anual foi 461,3 mm, ficando abaixo da média anual prevista, que é 670,9 mm. Já em 2016, até o mês de junho, foram registrados cerca 135,3 mm (EMPARN, 2016). Referindo-se a esses dados, verifica-se que apesar da precipitação e do isolamento do local, não houve avanço em sua recuperação natural, durante todo esse período.

4.2 Caracterização do município de Parazinho (Localização e acesso)

O município de Parazinho-RN, está localizado na mesorregião do Agreste Potiguar e microrregião de Baixa Verde. Seu principal acesso, efetuado a partir de Natal, capital do estado, é através da BR 406 e RN 120 e a distância até a capital do estado é de 116 km (IDEMA, 2008). O sítio São Miguel Arcanjo tem acesso pela estrada carroçável que liga o centro de Parazinho ao Assentamento Alívio.

A área territorial de Parazinho é 258,024 km² e foi criado através da Lei nº 2.753, de 08 de maio de 1962, sendo desmembrado do município de João Câmara. Limita-se ao Norte com Caiçara do Norte, São Bento do Norte e Pedra Grande; ao Sul com João Câmara; ao Leste São Miguel do Gostoso e a Oeste com Jandaíra. A sede do município possui coordenadas geográficas: latitude: 5° 13' 23" Sul e longitude: 35° 50' 18" Oeste (IBGE, 2016).

A umidade relativa média anual no município é de 74%, apresentando em média 2.700 horas de insolação, com temperaturas médias anuais máximas de 32,0 °C, médias de 25,5°C e mínimas de 21,0 °C. O período chuvoso vai de março a junho, porém a caracterização de um déficit hídrico predominante durante a maior parte do ano, confere a área o caráter de semiaridez, resultando na classificação climática e clima semiárido (CPRM, 2005).

4.3 Meio Físico (Geologia e geomorfologia)

Na geologia, o município situa-se em área de abrangência da Bacia Potiguar, que por predominância o calcarenitos e calcilutitos bioclásticos, cinza claros a amarelados, com níveis evaporíticos na base, depositados em extensa planície

de maré e numa plataforma rasa, carbonática de Idade Cretácea, aproximadamente 80 milhões de anos (CPMR, 2005).

Na geomorfologia predomina no município superfície plana, elaborada por processos de pediplanação. Existem ocorrências de Minerais Calcários, e inúmeras são as aplicações das rochas carbonáticas, constituindo importantes matérias primas na indústria de cimento, fabricação de cal, como corretivo de solos, como pedra britada, como fundente em metalurgia, na indústria química e farmacêutica, na complementação de ração animal e como pedras ornamentais (IDEMA, 2008).

O relevo possui menos de 100 metros de altitude, encravado na Chapada da Serra Verde - formada por terrenos planos, ligeiramente elevados, localiza-se entre os Tabuleiros Costeiros de geologia sedimentar e o Relevo Residual chamado sertão de pedras de geologia cristalina (CPMR, 2005).

4.4 Pedologia e caracterização química e física dos solos da área em estudo

Os solos predominantes na região objeto do estudo e suas características principais são: Cambissolo Eutrófico - fertilidade natural alta, textura média, relevo plano, fortemente drenado e rasos; Neossolo Quartzarênico - fertilidade natural baixa, textura arenosa, relevo plano, excessivamente drenado.

Na área em estudo tem-se solos originados de depósitos arenosos, que apresentam textura Areia Franca (Tabela 1) e ao longo de pelo menos 2 m de profundidade estes solos são constituídos essencialmente de grãos de quartzo. Essa classe de solos abrange os Neossolos Quartzarênicos e apresenta coloração amarela ou vermelha tendo como teores máximos de argila 120 g.kg^{-1} e de silte 110 g.kg^{-1} .

Na área degradada houve uma redução de 33,3% do teor de argila em relação à área nativa (Tabela 1). Isso ocorreu devido à remoção da piçarra para construção das vias de acesso dos parques eólicos, e a atuação da erosão hídrica na área. Embora tenha havido redução da densidade, o solo na área degradada apresenta-se na faixa de densidade considerada normal para solos arenosos ($1,2$ a $1,6 \text{ kg.dm}^{-3}$) de acordo com REICHARDT (1987).

Em relação à retenção de umidade do solo, observa-se que houve redução desse parâmetro na área degradada, provavelmente, correlacionada com a

menor teor de argila e maior teor de areia presente na área degradada, que reduziu a possibilidade do solo reter e disponibilizar água para as plantas, anulando assim, a possibilidade de revegetação da área em estudo (Tabela 1).

Tabela 1

No município de Parazinho/RN, nas áreas de ocorrência dos Neossolos Quartzarênicos a agricultura é praticamente inexistente, cultivando-se apenas as culturas de subsistência em pequenas áreas. As limitações ao uso agrícola decorrem da falta d'água, apresentando pouca capacidade de retenção de água, sendo, portanto, mais indicados para culturas de ciclo longo, tais como coco, caju e sisal.

A partir da caracterização química foi observado que tanto nas amostragens das áreas nativa quanto na degradada foram identificados que o solo da área em estudo apresenta-se de boa fertilidade, porém a área degradada apresenta-se quimicamente acidificada, e, quando comparada à área nativa, houve perda de 42% da fertilidade do solo (Tabela 2).

A presença dos altos valores de cálcio (Ca) nas áreas se justifica por ser uma região rica em calcário, conforme IDEMA (2008).

Tabela 2

Após comparar os resultados de C.E., PST e pH das amostras das áreas nativa e degradada (Tabela 3) com a classificação de solos afetados por sais proposta por Richards (1954) (Tabela 4), observa-se que, para ambas as amostras de solo, a caracterização química baseada nos parâmetros citados, demonstrou que o solo não apresenta problemas de salinização.

Tabela 3

Tabela 4

O município apresenta boas condições ao uso de implementos agrícolas, e seu aproveitamento requer adubações e irrigação, no período de estiagem, pois a

principal limitação ao uso agrícola relaciona-se com falta d'água, decorrente do longo período de estiagem e da irregularidade das chuvas na região. A principal aptidão agrícola são culturas especiais de ciclo longo tais como algodão arbóreo, sisal, caju e coco. Aptidão restrita para lavouras e uma pequena área isolada, ao Norte, indicada para preservação da flora e da fauna ou para recreação. O sistema de manejo é baixo e médio nível tecnológico. As práticas agrícolas estão condicionadas tanto ao trabalho braçal e tração animal com uso de implementos agrícolas simples.

4.1.5 Recursos Hídricos

O município de Parazinho encontra-se com 100% do seu território inserido na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso. Não existem açudes com capacidade superior 100.000 m³, como manancial de superfície, destaca-se apenas o riacho do Cabelo.

Na hidrogeologia, tem-se os aquíferos Jandaíra e Açú, com disponibilidade hídrica de 201.090(x10⁶m³/ano) e 11.044 (x10⁶m³/ano) respectivamente (ABAS, 2003). De acordo VASCONCELOS (2006) o aquífero Jandaíra limita-se em sua porção inferior por sedimentos compactados e pouco permeáveis pertencentes à base da Formação Jandaíra e topo da Formação Açú que funcionam como camadas confinantes ou semi confinantes do aquífero Açú.

O aquífero Jandaíra com uma extensão de 15.700km² é essencialmente livre, heterogêneo, hidraulicamente anisotrópico e de circulação cárstica em seu interior, cujas vazões variam até 30m³/h e os poços apresentam profundidade média em torno de 50 a 170m (CPMR, 2005).

As águas do aquífero Jandaíra são classificadas como C2S1 a C3S1 e apresentam restrições ao uso na irrigação, devido ao grau médio a elevado de salinização, com predominância dos teores de bicarbonato, cálcio e magnésio. Convém ressaltar que os riscos apresentados quanto a salinização poderão ser amenizados por meio de utilização de irrigação localizada e cultivo de espécies tolerantes aos sais.

O aquífero Açú que em sua zona de afloramento é referido como sendo do tipo livre e para os demais domínios da Bacia Potiguar apresenta condições de semi confinamento ou confinamento, devido a presença de camadas argilosas

da porção superior da Formação Açu e/ou porção basal da Formação Jandaíra (Vasconcelos, 2006), sendo constituído pelos sedimentos que foram depositados nos leitos e terraços dos rios e riachos de maior porte ao longo dos anos. Apresenta área total é de 18.700 km², sendo 3.000 km² pertencentes a fase livre e 15.500 km² a fase semi confinada ou confinada, sendo a fase confinada a que apresenta maior interesse hidrogeológico. Devido a sua constituição essencialmente arenosa e alta permeabilidade, o aquífero Açu tem boas condições de realimentação, porém com profundidades de captação elevadas dos 400 aos 900 m, produzindo vazões de até 300 m³/h.

Segundo a CPRM (2005) a qualidade das águas do aquífero Açu é boa e pouco explorada, contudo, em relação ao uso para irrigação, o sistema aquífero Açu apresenta algumas classes de água menos favoráveis à irrigação como as classificadas como C2S1 a C4S2, que apresentam características de média a elevada salinidade e baixa a média sodicidade.

A presença de salinidade nas águas do aquífero Açu foi estudada, sendo observado que na análise da condutividade elétrica de amostras de águas coletadas nas proximidades do contato com o embasamento cristalino, há uma tendência de aumento deste parâmetro químico e, conseqüentemente, dos teores de sais solúveis dissolvidos (CARVALHO JÚNIOR & MELO 2000). Em estudo conduzido por SANTIAGO et al. (2000) foi possível se projetar o aumento linear da salinidade de acordo com a idade das águas, indicando um padrão de dissolução de sais no aquífero Açu, a uma taxa de 36 µS/cm ou 23 mg/L a cada 1000 anos. Embora não sejam apropriadas para uso contínuo na irrigação sob condições normais, estas águas podem ser usadas ocasionalmente, desde que os solos sejam permeáveis, com drenagem adequada e indicadas apenas culturas altamente tolerantes aos sais para o plantio.

4.1.6 Vegetação

O tipo de vegetação encontrada no local é a Caatinga Hipoxerófila, típica de clima semiárido e que reflete as condições edafoclimáticas da região. Arbustos e árvores com espinhos se fazem presentes, destacando-se espécies como a catingueira, angico, braúna, juazeiro, marmeleiro, mandacaru e aroeira, que

possuem aspectos menos agressivos do que a Caatinga Hiperxerófila, também presente no local com a vegetação de caráter mais seco, com abundância de cactácea e plantas de porte mais baixo e espalhadas, destacando espécies como a jurema-preta, mufumbo, faveleiro, marmeleiro, xique-xique e facheiro (IDEMA, 2008).

As atividades humanas não sustentáveis, como a prática da agricultura de culturas de ciclo curto, corte e queima de vegetação, associados a extração de areia, pedra, piçarra, para construção civil, acarretaram impactos muito significativos na área em estudo. Podendo se afirmar que a reversão de tais impactos somente poderá ocorrer a partir da implantação de planos de recuperação com revegetação, tendo em vista que os processos naturais de regeneração estão descartados, devido à baixa taxa de resiliência observados no local.

4.1.7 Meio Antrópico (Aspectos socioeconômicos)

Com a população total estimada de 4.845 habitantes, sendo 3.137 habitantes na área urbana e 1.708 habitantes na área rural e uma densidade demográfica de 17,64 hab/km² o município apresenta um Índice de desenvolvimento Humano (IDH) de 0,549 (IBGE, 2010).

Existem de acordo com o IBGE (2010): 02 estabelecimentos de saúde municipais, 02 instituições de ensino pré-escolar, 04 de ensino fundamental e 01 de ensino médio, sendo cerca de 61% da população alfabetizada. Na área de saneamento, existem 879 economias abastecidas com água, sendo 833 unidades residenciais (IBGE, 2010). A principal contribuição do Produto Interno Bruto (PIB) do município é proveniente da Indústria (91,7%), principalmente do setor eólico, seguido de Serviços (7%) e da Agropecuária (1,3%). Segundo o IBGE (2013), o valor do PIB per capita a preços correntes nesse ano foi 35.242,94 reais.

Em estudo conduzido por Rio Grande do Norte (1998) tem-se como estimativa populacional para o município de Parazinho no ano de 2020 um total de 4.128 habitantes em área urbana e apenas 452 habitantes em área rural. Ao se comparar os totais das populações rurais nos anos de 2010 e 2020, podemos inferir que a redução de 73,5% nesta população impactará diretamente sobre a contribuição do setor agropecuário ao PIB municipal. Esta projeção revela que,

ao persistirem e se agravarem as adversidades ambientais e a inexistência ou escassez de políticas públicas que auxiliem nas estratégias de planejamento sócio-econômico-ambiental, a expectativa futura é que haja abandono da área rural, total dependência do mercado externo ao município para abastecer os produtos agropecuários a serem consumidos e migração da população rural para os principais centros urbanos como Natal/RN e Mossoró/RN, causando sérios impactos e agravos sobre os problemas de infraestrutura já enfrentados nestes centros.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que, em termos gerais, a área degradada objeto de estudo possui elevada acidez, apresentando perdas consideráveis de fertilidade. Assim, em decorrência desse conjunto de fatores há o impedimento ao cultivo de culturas tradicionais, que poderiam recuperar essa área, oferecendo proteção ao solo e preservando a fertilidade residual.

Diante do exposto, observou-se que o atual estado de degradação de ordem física e química da área em estudo, não apresenta condições de auto recuperar-se, uma vez que apresenta baixa taxa de resiliência que possibilite a sua regeneração natural.

As expectativas futuras apontam que se persistirem e se agravarem as adversidades ambientais e a inexistência ou escassez de políticas públicas que auxiliem nas estratégias de planejamento sócio-econômico-ambiental haverá abandono da área rural e aceleração do processo de degradação ambiental. Se faz necessário implantar nesta área degradada um plano de recuperação com revegetação e cultivo orgânico de uma cultura rústica e adaptada as condições locais, uma vez que, a adubação orgânica, resgatará atributos físicos e químicos degradados no solo e a fácil adaptação às condições edafoclimáticas adversas, permitirá que esta cultura torne viável seu cultivo e a recuperação da área em apreço.

Tabela 1. Caracterização física das amostras de solo, na camada de 0-20cm.

Amostra	Areia	Argila	Silte	Densidade do Solo	Capacidade campo U _{CC} 0.03 MPa	Ponto de murcha U _{PM} -1,5 MPa	AD
	-----(g kg^{-1})-----			--(kg dm^{-3})-- -	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}
Área nativa	780	120	100	1,56	0,070	0,041	0,029
Área degradada	810	80	110	1,48	0,070	0,045	0,025

Tabela 2. Caracterização química das amostras de solo, na camada de 0-20cm.

	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	T	V
	(H ₂ O)	($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)	----- $\text{cmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ -----								(%)
Área Nativa	5,51	5	0,381	5,81	2,38	0,586	0,0	0,0	9,157	9,157	100
Área Degradada	5,6	4	0,373	2,41	1,13	0,191	0,0	2,96	4,104	7,064	58,09

Tabela 3. Classificação das amostras de solo, na camada de 0-20cm, quanto ao risco de salinização.

Amostra	Cond. Elétrica no Extrato 1:5	PST	pH em água
	----(dS.m-1)----	-----(%)------	----- (1 : 2,5)----
		--	--
Área nativa	0,4445	4,58	5,6
Área degradada	0,0439	1,90	5,51

Tabela 4. Classificação dos solos afetados por sais (Richards, 1954).

Classificação	CE _{es} (dS m ⁻¹ à 25° C)	PST (%)	pH _{ps}	CE _{es} (dS m ⁻¹ à 25° C)
Solo sem problemas de sais	< 4	<15	<8,5	<4
Solos salinos	>4	<15	<8,5	>4
Solos salino-sódicos	>4	>15	≥8,5	>4
Solos sódicos	<4	>15	≥8,5	<4

REFERÊNCIAS

Abas. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Subsídios e propostas para um programa racional de perfuração de poços tubulares para o abastecimento de cidades de pequeno, médio e grande portes na região Nordeste. Disponível

em:<http://www.abas.org/imagens/publicacoes/estudos_sedezero.PDF> .

Acesso em: 01 mai. 2017.

Braga, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do Desenvolvimento Sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Indicadores sociais: uma análise dos resultados da amostra do censo demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

_____. **Indicadores IBGE: Parazinho**. 2013. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=240880&search=rio-grande-do-norte|parazinho>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

_____. **Indicadores IBGE: Parazinho**. 2016. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=240880>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

_____. **Infográficos: dados gerais do município**. In: IBGE. **Censo 2015**. Brasil: IBGE, 2016. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/232YS>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

Brasil, Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Instrução Normativa nº 4, de 13 de abril de 2011. Brasília, 2011.

4.3.1 Brasil. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Parazinho/RN**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

Carvalho Júnior, E.R. & Melo, J.G. Comportamento hidrogeológico do aquífero Açú na região de Apodi – RN. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1. CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., Fortaleza, 2000. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH, 2000. CD-ROM.

4.3.2

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 1997.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Recuperação de Área Degradada**. Disponível

em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/unidade/index.php?id=229&func=unid>> Acesso

em: 20 jan 2016

Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN).

Monitoramento pluviométrico. Disponível em:

<<http://186.250.20.84/monitoramento/monitoramento.php>> Acesso em: 03 jul. 2016

Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente (IDEMA). **Perfil do seu município: Parazinho**. V.09 p.1-21. Natal: IDEMA, 2008.

Kobiyama, M.; Minella, L. P. G.; Fabris, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 10-17, 2001.

Rodrigues, R. R.; Gandolfi, S. **Recomposição de Florestas Nativas: Princípios Gerais e Subsídios para uma Definição Metodológica**. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental, Campinas, SP., v. 2, n. 1, p. 4-15, 2001.
Reichardt, K. **A água em sistemas agrícolas**. Editora Manole. São Paulo, 1987. 188 p.

Richards, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and álcali soils**.

Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA

Agricultural Handbook, 60.

Rio Grande do Norte. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte**. Disponível em:

<<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/DOC/DOC00000000150878.PDF>> Acesso em: 20 jan 2016

Sá, I. B.; Riché, G. R.; Fotius, G. A. As paisagens e o processo de degradação do semiárido nordestino. In: Silva, J. M. C. da; Tabarelli, M.; Fonseca, M. T. da;

Lins, L. V. (Org.). **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004. p. 17-36.

Santiago, M.M.F.; Frischkorn, H.; Mendes Filho, J. Mecanismos de salinização em águas do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., Fortaleza, 2000. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH, 2000. CD-ROM.

Tavares, S. R. L. (Ed). **Biocombustíveis sólidos: fonte energética alternativa visando a recuperação de área degradada e a conservação do Bioma Caatinga**. Brasília, DF: Embrapa; Natal, RN: Editora do IFRN, 2014.

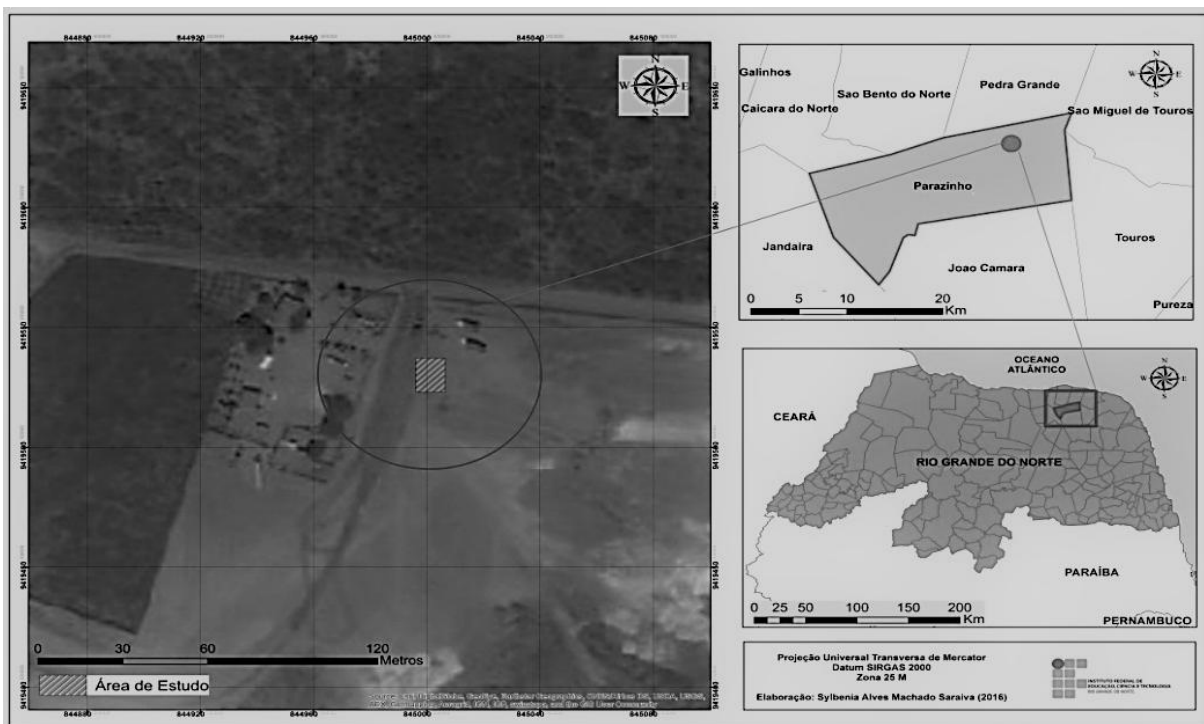


Figura 01 - Mapa de localização da área objeto de estudo, Parazinho/RN.

Fonte: os autores (2015)



Figura 02 – Solo exposto no local de realização da pesquisa.

Fonte: os autores (2015).

ANEXO 1: COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO.

periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/author/index

BRASIL Serviços Participe Acesso à informação Legislação Canais



ISSN 1981-1268

Capa > Usuário > Autor > Submissões Ativas

Submissões Ativas

Ativo Arquivo

ID	MM-DD ENVIADO	SEÇÃO	AUTORES	TÍTULO	SITUAÇÃO
35414	07-26	CAM	Carvalho, MACHADO SARAIVA	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE UMA ÁREA DEGRADADA EM PARAZINHO-RN	Aguardando designação

Iniciar nova submissão
CLIQUE AQUI para iniciar os cinco passos do processo de submissão.

Revista Gaia Scientia - ISSN 1981-1268

Este periódico está indexado em:



OPEN JOURNAL SYSTEMS
Ajuda do sistema

USUÁRIO
Logado como: **fgcarvalho**

- Meus periódicos
- Perfil
- Sair do sistema

AUTOR
Submissões

- Ativo (1)
- Arquivo (0)
- Novas submissões

IDIOMA
Selecione o idioma
Português (Brasil) ▾
Submeter

CONTEÚDO DA REVISTA
Pesquisa
Escopo da Busca
Todos ▾
Pesquisar

periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/author/submit/5?articleId=35414

BRASIL Serviços Participe Acesso à informação Legislação Canais



ISSN 1981-1268

Capa > Usuário > Autor > Submissões > Nova submissão

Passo 5. Confirmação da submissão

1. INÍCIO 2. TRANSFERÊNCIA DO MANUSCRITO 3. INCLUSÃO DE METADADOS 4. TRANSFERÊNCIA DE DOCUMENTOS SUPLEMENTARES 5. CONFIRMAÇÃO

Após concluídos e verificados os passos anteriores, clique em "Concluir submissão" para enviar seu trabalho para a revista Gaia Scientia. Um e-mail de confirmação será enviado. Acompanhe a situação da submissão, dentro do processo editorial da revista, acessando o sistema com o papel de autor. Agradecemos seu interesse em contribuir com seu trabalho para a revista Gaia Scientia.

Resumo de documentos

ID	NOME ORIGINAL DO DOCUMENTO	TIPO	TAMANHO DO DOCUMENTO	DATA DE TRANSFERÊNCIA
81971	FOLHA DE ROSTO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE UMA ÁREA DEGRADADA EM PARAZINHO.DOCX	Arquivo submetido	13KB	07-26

[Concluir submissão](#) [Cancelar](#)

Revista Gaia Scientia - ISSN 1981-1268

Este periódico está indexado em:



OPEN JOURNAL SYSTEMS
Ajuda do sistema

USUÁRIO
Logado como: **fgcarvalho**

- Meus periódicos
- Perfil
- Sair do sistema

IDIOMA
Selecione o idioma
Português (Brasil) ▾
Submeter

CONTEÚDO DA REVISTA
Pesquisa
Escopo da Busca
Todos ▾
Pesquisar

Procurar

- Por Edição
- Por Autor
- Por título
- Outras revistas