



UNILAB

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA**

**INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS, AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS**

TASSIA RAQUEL GARCÊS PASSOS

**EMIÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SOLO DE MANGUEZAL
IMPACTADO PELA CARCINICULTURA**

FORTALEZA

2018

TASSIA RAQUEL GARCÊS PASSOS

**EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SOLO DE MANGUEZAL
IMPACTADO PELA CARCINICULTURA.**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídrico, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos.

Orientador: Raphael Amaral da Câmara.

FORTALEZA

2018

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Passos, Tassia Raquel Garces.

P318e

Emissão de gases de efeito estufa em solo de manguezal impactado
pela carcinicultura / Tassia Raquel Garces Passos. - Redenção,
2018.

36f: il.

Monografia - Curso de Especialização em Gestão De Recursos
Hídricos, Ambientais E Energéticos, Instituto De Engenharias E
Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração
Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.

Orientador: Raphael Amaral da Câmara.

1. Carcinicultura. 2. Impactos ambientais. 3. Vegetação. I.
Título

CE/UF/BSCL

CDD 639.5430

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA
AFRO-BRASILEIRA

TASSIA RAQUEL GARCÊS PASSOS

EMIÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SOLO DE MANGUEZAL
IMPACTADO PELA CARCINICULTURA.

Monografia julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista em da
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Data: 31/10/2018

Nota:

Banca Examinadora:



Dr. Raphael Amaral da Câmara (Orientador)



Dr. Ricardo Elias de Miranda Candeiro



Ms. Caroline Costa Lucas

AGRADECIMENTOS

À Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira-
UNILAB;

Ao CNPq pelo auxílio financeiro para pesquisa;

A minha mãe Leoneide Garcês pelo carinho e amor;

Aos professores do curso de especialização em gestão de recursos hídricos,
ambientais e energéticos;

Aos amigos do curso de pós- graduação: Fernando Vidal, George Romeiro e
Ikaro;

A Adriana Guirado Guirado e Dimitri pela ajuda na realização do trabalho;

E a todos que contribuíram direto ou indiretamente, para a concretização
desse trabalho.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 Manguezal.....	12
3.2 Vegetação	13
3.3 Impactos causados pela carcinicultura.....	14
3.5 Emissão de gases de efeito estufa.....	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 Caracterização da área	18
4.2 Granulométrica	19
4.3 Determinação do pH e Potencial de oxirredução (Eh).....	19
4.4 Determinações do carbono orgânico total (COT), Nitrogênio total (N-Total), N-inorgânico (N-NH ₄ ⁺ e N-NO ₃ ⁻).	19
4.5 Coleta de gases de efeito estufa (GEEs)	19
4.4 Efluente de carcinicultura.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5.1 Eh e pH.....	22
5.2 Análise granulométrica.....	23
5.3 Efluente da carcinicultura.....	24
5.4 Carbono e nitrogênio do solo	24
5.5 Fluxos de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O	26
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
7. REFERÊNCIAS.....	31

EMIÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SOLO DE MANGUEZAL IMPACTADO PELA CARCINICULTURA.

Tassia Raquel Garcês Passos¹

Raphael Amaral da Câmara²

RESUMO

O manguezal é um ecossistema de grande importância socioeconômica e ecológica, mas, em sua maioria, encontra-se impactado em função de atividades humanas como: desmatamento, crescimento de áreas urbanas, despejo de esgoto doméstico, e principalmente na região Nordeste do Brasil, a implantação de tanques de camarões. O descarte de efluentes de carcinicultura em áreas de manguezais causa perturbações no ecossistema natural e pode favorecer a emissão de gases de efeito estufa (GEE). Com isso, objetivou-se por meio deste trabalho quantificar a emissão de gases de efeito estufa em manguezal impactado e não impactado por ação antrópica em função do tipo de vegetação da área. O local de estudo foi o manguezal localizado no município de Aracati – CE. As amostras de solo foram coletadas em duas áreas (área impactada e não impactada com efluente de carcinicultura) e com predomínio de duas vegetações (*Rhizophora* e *Avicennia*). Os teores de amônio são maiores que o de nitrato no efluente coletado na saída dos tanques. Entre área impactada e não impactada não houve diferença estatística significativa entre os teores de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) no solo. No solo com predomínio da vegetação de *Rhizophora* o teor de carbono orgânico total (COT) foi mais elevado do que na área com vegetação de *Avicennia*. Os fluxos de CO_2 , CH_4 e N_2O foram maiores na área impactada com resíduo de carcinicultura. Os baixos valores encontrados para os fluxos de GEE indicam que apesar do alto teor de carbono, o solo de manguezal tende a mantê-los na forma orgânica, indicando baixa decomposição da matéria orgânica do solo. O efluente da carcinicultura, apesar de aumentar os teores de nitrogênio no solo, pouco contribui para o aumento da emissão de GEE.

Palavras-chave: Carcinicultura. Impactos ambientais. Vegetação.

¹ Estudante do Curso de Especialização em gestão de recursos hídricos, ambientais e energéticos pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e Universidade Aberta do Brasil, polo Redenção.

² Professor Doutor da Universidade Federal do Ceará

ABSTRACT

Mangroves are an ecosystem of great socioeconomic and ecological importance, but most of them are impacted by human activities such as: deforestation, urban growth, domestic sewage disposal, and mainly in the Northeast of Brazil, implementation of shrimp tanks. Disposal of shrimp farming effluents in mangrove areas causes disturbance to the natural ecosystem and may favor the emission of greenhouse gases (GHG). Thus, the objective of this work was to quantify the emission of greenhouse gases in mangroves impacted and not impacted by anthropic action as a function of the type of vegetation in the area. The study site was the mangrove located in the municipality of Aracati - CE. Soil samples were collected in two areas (impacted area and not impacted with shrimp effluent) and with two predominant vegetation (Rhizophora and Avicennia). The ammonium content is higher than that of nitrate in the effluent collected at the exit of the tanks. There was no statistically significant difference between ammonium (NH_4^+) and nitrate (NO_3^-) in the soil between the impacted and non impacted areas. In the soil with predominance of Rhizophora vegetation the total organic carbon content (TOC) was higher than in the area with Avicennia vegetation. The CO_2 , CH_4 and N_2O fluxes were higher in the impacted area with shrimp culture residue. The low values found for the GHG fluxes indicate that despite the high carbon content, the mangrove soil tends to maintain them in the organic form, indicating low decomposition of the organic matter of the soil. The effluent from shrimp farming, despite increasing nitrogen levels in the soil, does little to increase GHG emissions.

Keywords: Shrimp farming. Environmental impacts. Vegetation.

1.INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas localizados em regiões tropicais e subtropicais de transição entre o ambiente marinho e terrestre. A sua posição entre a terra e o mar torna os manguezais um local de troca de nutrientes terra-mar (KEUSKAMP et al., 2013), ocorrendo em regiões de topografia plana, com solo sujeito ao regime das marés (GIRI et al., 2010; SCHAEFFER-NOVELLI, 2000). Apresentam ampla distribuição geográfica, cobrindo cerca de 75% da linha costeira mundial e estendendo das latitudes 30°N a 30°S (GIRI et al., 2008).

O manguezal é um ecossistema de grande importância socioeconômica e ecológico e é considerado como componente chave no ciclo do carbono, sendo apontado dentre as florestas tropicais como a mais rica em carbono (DONATO et al., 2011).

Apesar de sua importância, esse ecossistema, em sua maioria, encontra-se impactado em função de atividades humanas (desmatamento, crescimento de áreas urbanas, despejo de esgoto doméstico, e principalmente na região Nordeste do Brasil, a implantação de tanques de camarões).

A carcinicultura é uma das atividades que mais tem contribuído com a degradação dos manguezais cearense, seja pela retirada do solo e da vegetação para a construção dos tanques ou pelo descarte do efluente dessa atividade, o qual normalmente não passa por sistema de tratamento, gerando uma carga de nutrientes que são descartados nas florestas de mangue.

O efluente da carcinicultura é rico em matéria orgânica, nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo e sólidos em suspensão e dissolvidos (NUNES, 2002). O descarte desse efluente nos solos dos manguezais altera sua condição geoquímica podendo causar aumento da acidez, da taxa de sedimentação da matéria orgânica, do acúmulo de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, além de intensificar o metabolismo bêntico e levar o ambiente a um processo de eutrofização e anoxia (FREITAS et al., 2008).

O tipo de vegetação na área é afetado pela disponibilidade de nutrientes presentes no solo. A decomposição do material vegetal é importante na ciclagem de nutrientes que ocorre no sistema solo-planta-atmosfera, pois possibilita que parte do carbono incorporado pela biomassa das espécies vegetais pelo processo da fotossíntese, retorna à atmosfera na forma de CO₂ e os outros nutrientes absorvidos pelas plantas sejam novamente utilizáveis. Portanto para que isso ocorra, três

fatores devem ser levados em consideração: natureza da comunidade decompositora (macro e microrganismos), características do material orgânico (qualidade do substrato) e as condições físico-químicas do ambiente em questão (CORREIA e ANDRADE, 1999).

Em solos alagados, a degradação de compostos orgânicos é mais lenta e menos eficiente (PONNAMPERUMA, 1972) devido à condição de anaerobiose, possibilitando o acúmulo de matéria orgânica e o aumento do estoque de carbono orgânico nos solos. As formas de nitrogênio presentes no meio são oriundas da mineralização mais lenta, predomínio da amonificação, diminuição da nitrificação e aumento da desnitrificação. Durante todo o processo de decomposição da matéria orgânica do solo são liberados para atmosfera gases de efeito estufa (GEE), tais como CO_2 , N_2O e CH_4 .

A adição de resíduo orgânico afeta o potencial redox, o pH e a condutividade elétrica do solo (CAMARGO et al., 1999). De acordo com Yan et al. (1996), a adição de resíduo orgânico ao solo pode causar aumento do pH devido a dois processos: descarboxilação de ânions orgânicos, consumindo H^+ e liberando CO_2 e desaminação dos aminoácidos. Dessa forma, supõe-se que a adição de efluentes da carcinicultura em áreas de manguezais pode afetar as características eletroquímicas (CAMARGO et al., 1999) e intensificar a emissão de gases para a atmosfera (CERRI et al., 2007).

As informações oriundas dessa pesquisa permitirão identificar as perturbações, em curto prazo, causadas pelo descarte de efluentes da carcinicultura em solos de manguezais, em relação as alterações nas características físico-químicas do solo e correlacioná-las com a emissão de gases de efeito estufa em função da vegetação.

2. OBJETIVOS

Quantificar a emissão de gases de efeito estufa em manguezal impactado e não impactado por ação antrópica em função do tipo de vegetação da área.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Verificar a influência das vegetações na emissão de gases de efeito estufa.
- b) O efeito do descarte do efluente de carcinicultura no solo de manguezais.
- c) Correlacionar a emissão de gases de efeito estufa (CO_2 , N_2O e CH_4) em manguezal sob preservação e impactado por efluente de carcinicultura com o tipo de vegetação.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Manguezal

O manguezal é um ecossistema costeiro que se desenvolve em regiões tropicais e subtropicais em transição entre ambientes terrestre e marinho, localizados em terrenos baixos na foz dos rios e estuários, com solo sujeito ao regime das marés e apresentando variação na salinidade (SCHAEFFER-NOVELLI, 2000).

Os manguezais ocupam uma área de 13.000 km² em extensão no Brasil, o que coloca o país como a terceira maior área de manguezal do mundo, com 7% e representando 50% dos manguezais da América Latina (FAO, 2007; GIRI *et al.*, 2010). No Estado do Ceará, a área de manguezal é estimada em 218,48 km² (MEIRELES; SILVA, 2002) representando a quinta maior área de manguezal do Nordeste (FAO, 2007; DUKE *et al.*, 2007; MMA, 2010).

As florestas de manguezais são ecossistemas que apresentam diversas funções e serviços ecológicos, tais como: produção de matéria orgânica, a qual constitui a base da cadeia trófica; fornecimento de abrigo e área de reprodução para espécies estuarinas e terrestres, além de pousio para aves migratórias; proteção da linha da costa contra erosão e assoreamento dos corpos d'água; retenção de sedimentos, manutenção da biodiversidade da região costeira; adsorção e imobilização de contaminantes como os metais traço. Além disso, para as populações a ribeirinha tem importância social e econômica, visto que essas utilizam o manguezal como fonte de alimento (crustáceos) e lazer (ALONGI, 2011; COELHO JÚNIOR; SCHAEFFER-NOVELLI, 2000).

Os manguezais também ganharam visibilidade por serem considerados como áreas com elevada capacidade de acúmulo de carbono orgânico no solo, e por influenciarem na mitigação das mudanças climáticas (DUKE *et al.*, 2007; DONATO *et al.*, 2011). Estima-se que os manguezais somados as marismas e outras áreas úmidas costeiras, podem armazenar aproximadamente 50% do carbono orgânico de toda a Terra (STOCKMANN *et al.*, 2013).

Apesar da sua importância, os manguezais têm sido afetados de forma negativa por atividades antrópicas, causados pela especulação imobiliária, construção de empreendimentos hoteleiros e instalação de tanques para o cultivo de

camarão, (ALONGI, 2002; VALIELA; BOWEN; IORQUE, 2001; MEIRELES; SILVA; THIERS, 2009).

3.2 Vegetação

A vegetação é composta por espécies adaptadas morfológica e fisiologicamente (resistência a alterações de salinidade, variação de maré, ventos fortes, temperaturas elevadas e solos com condições anaeróbias) para melhor desenvolvimento nesse ambiente. As adaptações das árvores incluem raízes aéreas, dispersão de propágulos pelas correntes controladas pelas marés, rápido crescimento de copa, ausência de anéis de crescimento, eficiente mecanismo de retenção de nutrientes, resistência a ambientes salinos, retenção de água e contribuição no balanço de carbono (ALONGI, 2002).

No Brasil são encontradas seis espécies: *Avicennia*, *Laguncularia*, *Rhizophora*, *Acrostichum*, *Conocarpuse* e *Hibiscus* e suas ocorrências dependem da salinidade e topografia local, variando entre as regiões estuarinas (LACERDA, 2002). As principais espécies de mangue encontradas no litoral do nordeste são: *Rhizophora mangle*, *Avicennia*, *Laguncularia racemosa* e *Conocarpus* (LABOMAR/UFC, 2005).

A *Rhizophora mangle*, conhecida também como mangue verdadeiro, mangue vermelho, mangue de pendão, mangue preto, Apareiba, Quaparaíba etc, tem altura em média de 19 metros, 30 centímetros de diâmetro, e folhas de formato arredondado (SEMACE, 2006). Toleram salinidade de até 55 ppm e possui propágulos que permite resistência às perturbações da maré (FRUEHAUF, 2005), sendo encontrada no litoral Brasileiro até Santa Catarina, México, Antilhas, Flórida, e África ocidental (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

No litoral cearense é possível encontrarmos duas espécies do gênero *Avicennia*: *A. schauerianae*, *A. germinans*, cuja diferença é observada nas folhas. *A. germinans* tem folhas com formato pontiagudo, enquanto *A. schaueriana* tem folhas com formato arredondados, e são popularmente chamadas de canoé, siriba, siruíba, mangue branco, amarelo ou preto, possuem altura em média de 11 metros com tronco de 20 centímetros, se localizam na zona entre marés, e toleram salinidades intersticiais mais altas do que as demais espécies de manguezais. As raízes são subaéreas dotadas de pneumatóforos cuja função é realizar as trocas gasosas com o ambiente (LABOMAR/UFC, 2005; IBAMA, 2005), e as sementes dessas plantas têm capacidade de flutuar e resistirem à água, fazendo com que haja uma grande disseminação.

3.3 Impactos causados pela carcinicultura

A carcinicultura é uma das atividades que mais crescem no território brasileiro, e, em especial, no Nordeste. A carcinicultura comercial iniciou-se na década de 1970, com produções significativas no agronegócio internacional, mas foi nos anos 80, devido a crescente demanda e valor econômico em ascensão, que a produção de camarões cultivados evoluiu rapidamente (ABCCAM, 2004).

Na região nordeste as condições são ideais para o cultivo de camarões, devido à presença de áreas costeiras com água de temperatura elevada durante todo o ano (SOARES *et al.*, 2007).

As características intrínsecas de cada manguezal e a sua localização em áreas de preservação nos litorais favorecem a instalação de complexos industriais-portuários, a expansão turístico-imobiliária e a implantação da agricultura por parte da população regional. O descarte desordenado de resíduos, efluentes urbanos, agrícolas e industriais e os impactos gerados pelo uso incorreto desses manguezais, afeta a dinâmica e a produtividade natural desse ecossistema.

A atividade da carcinicultura ocupa grande extensão de áreas nos manguezais nordestinos, principalmente no Estado do Ceará, tornando-se uma das atividades mais impactantes nesses ambientes (MEIRELES *et al.*, 2007; FREITAS *et al.*, 2008; AMIRKOLAIE, 2011). Os impactos gerados pela carcinicultura são variados: desmatamento, lançamento dos efluentes sem o tratamento prévio em estuários, lagoas e rios, introdução de espécies exóticas no ambiente, salinização do solo e lençol freático, disseminação de doenças (JOVENTINO; MAYORGA, 2008).

O desmatamento das áreas de manguezais para a construção dos tanques de carcinicultura pode causar a drenagem ácida, devido à formação de ácido sulfúrico produzido durante oxidação da pirita. Esse processo diminui a qualidade da água dos tanques, o que exige grande quantidade de calcário para a neutralização da acidez (FERNANDES; PERIA, 1995). Além da adição de calcário, são adicionados antibióticos, rações e fertilizantes, em proporções visando à complementação do nitrogênio e do fósforo existentes na água de cultivo. Para Nunes (2002), esses tanques são considerados ambientes eutróficos, dependentes de aeração mecânica e da renovação de água para manter as concentrações de oxigênio dissolvido em faixas aceitáveis e também controlar a quantidade de metabólitos tóxicos.

A aplicação desses insumos durante as etapas de produção, assim como as excreções, os metabólitos dos camarões, são capazes de modificar os parâmetros físico-químicos do meio de cultivo, e por consequência dos efluentes do

tanque de carcinicultura. Esses efluentes são ricos em matéria orgânica, nutrientes tais como o nitrogênio e o fósforo, material em suspensão na forma particulada (fezes, restos de ração e fertilizantes) ou dissolvida (subprodutos inorgânicos da excreção dos animais) (NUNES, 2002), que contribuem significativamente para elevação da carga de nutrientes nos manguezais que os recebem. No estudo realizado por Araújo e Costa (2013) em resíduo do fundo do tanque de carcinicultura localizado no município de Aracati-CE foram encontrados os seguintes teores de nitrogênio e carbono: $6,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ de nitrato (NO_3^-), $90,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ de amônio (NH_4^+) e $14,9 \text{ g.kg}^{-1}$ de carbono orgânico total (COT).

Os efluentes quando são descartados diretamente nos corpos hídricos, sem que ocorra tratamento prévio do mesmo, pode favorecer o processo de eutrofização artificial. Um dos maiores receptores de efluentes devido ao grande número de fazendas de carcinicultura em sua proximidade é a Bacia do Rio Jaguaribe (FIGUEIREDO *et al.*, 2005). Sousa *et al.* (2006) em manguezais localizados no Ceará, observaram maior concentração de sais nos solos, quanto mais próxima dos pontos de descarte desses efluentes.

O descarte do efluente nos solos de manguezais acarreta em aumento no teor de MO e nutrientes, com consequente aumento da proliferação de algas, diminuindo assim, o oxigênio dissolvido na água pelo aumento da taxa de respiração dos microrganismos e da degradação do sistema em função da qualidade da água (BRICKER *et al.*, 1999) e afeta também a dinâmica dos nutrientes no solo com consequente alterações nas emissões de GEE para a atmosfera.

As perturbações nos solos do manguezal que recebem os efluentes de carcinicultura podem afetar o desenvolvimento de espécies vegetais na área, uma vez que a vegetação é a grande responsável pela dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera. Dessa forma, o tipo de vegetação também irá afetar nas propriedades químicas e físicas do solo e na emissão de gases de efeito estufa.

O aumento da concentração de nutrientes na água, principalmente nitrogênio e fósforo proveniente dos tanques de carcinicultura, pode causar a eutrofização, acarretando em depleção dos níveis de O_2 , diminuição da biodiversidade, aumento da turbidez, formação de espuma, odores indesejados (FIGUEIREDO *et al.*, 2005) e aumento da emissão de CH_4 .

Em solos que receberam nitrogênio orgânico ou inorgânico, Huang *et al.* (2004), observaram que a emissão de N_2O foi maior do que em solos que não receberam fontes de nitrogênio, indicando que a emissão de N_2O é parcialmente

controlada pela disponibilidade de carbono durante a mineralização. A fertilização com nitrogênio pode afetar a emissão de CH_4 , visto que solos que possuem alto teor de amônio atuam como inibidor da oxidação do CH_4 ao competir pela enzima monooxigenase, encarregada de catalisar a oxidação desse gás no solo (HÜSTCH; WEBSTER; POWLSON, 1993).

3.5 Emissão de gases de efeito estufa

Gases de efeito estufa são poluentes atmosféricos que absorvem a radiação infravermelha emitida pela superfície da terra dificultando seu escape para o espaço causando o chamado efeito estufa. Os gases considerados como causadores do efeito estufa são: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), clorofluorcarbonetos (CFCs), hidrofluorcarbonetos (HFCs), e hexafluoreto de enxofre (SF_6) (IPCC, 2007), sendo os GEE de maiores relevância o CO_2 , CH_4 e N_2O . Os GEE são considerados poluentes atmosféricos, com capacidade de absorver radiação infravermelha, aquecer e transmitir calor (CHEN; TAM; YE, 2010), porém cada um com o seu Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential – GWP).

As estimativas de emissões globais anuais de GEE de origem antropogênicas (desmatamento e queima de combustíveis fósseis) cresceram mais de 70% após o período de 1970, resultando em aumento aproximado de $0,6^\circ\text{C}$ na temperatura média da Terra (STOCKMANN *et al.*, 2013).

O CO_2 contribui com cerca de 60% do total das emissões mundiais de gases de efeito estufa na atmosfera (SZAKÁCS *et al.*, 2011). A quantidade de CH_4 emitida é menor, porém seu potencial de aquecimento é 23 vezes maior do que o do CO_2 . Embora as concentrações de N_2O e de CFCs na atmosfera sejam menores ainda, o poder de aquecimento global desses gases é muito superior, sendo, respectivamente, em torno de 298 e de 6.200 a 7.100 vezes maior do que o de CO_2 (CERRI *et al.*, 2007). No Brasil a principal forma de emissão de CO_2 é proveniente da mudança do uso da terra é floresta (MCTI, 2013).

A emissão de CO_2 do solo para a atmosfera ocorre principalmente por dois processos biológicos: respiração (organismos e sistema radicular das plantas) e pela decomposição de resíduos orgânicos. A emissão de CO_2 pela ação decompositora dos microrganismos heterotróficos no solo é dependente principalmente do teor de matéria orgânica do solo (MOS) e da disponibilidade de

resíduos vegetais, os quais constituem as principais fontes de C à microbiota (CIOTTA *et al.*, 2004).

As variáveis climáticas influenciam diretamente o fluxo de CO₂ para a atmosfera, e seus principais condicionantes são a temperatura (solo e atmosfera) e a umidade do solo (DUIKER; LAL, 2000), pois modificam a intensidade e os processos microbianos, alterando as emissões de CO₂ (COSTA; ZANNATA; BAYER, 2008).

O aumento na temperatura do solo altera os processos de mineralização do C, pois acelera a decomposição da matéria orgânica, a oxidação e a atividade microbiana e das raízes, fazendo com que aumente a emissão de CO₂ (JABRO *et al.*, 2008).

Nas áreas de manguezais, devido ao impacto causado pela atividade da carcinicultura que emite grandes quantidades de efluentes ricos em nutrientes, pode ocorrer um aumento no processo de decomposição da matéria orgânica do solo e resultar em maiores emissão de CO₂ (NOBREGA *et al.*, 2013), pois maiores teores de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo no solo aumentam a respiração microbiana do solo e favorecem maior emissão de N₂O e CO₂ (CHEN; TAM; YE, 2012).

A emissão e formação de N₂O nos solos ocorre na maior parte processos microbianos (nitrificação e desnitrificação) e em parte dos processos não biológicos (quimiodesnitrificação e decomposição da hidroxialmina). É resultado de interações entre os fatores, temperatura, textura, estrutura, pH do solo, disponibilidade de nitrogênio e de material orgânico degradável e do conteúdo de água no solo (BOCKMAN; OLFS, 1998).

Os manguezais podem agir tanto como fonte ou redutor da emissão de gases para a atmosfera. O fluxo de gases varia com a localização do manguezal, com fatores naturais, tais como: temperatura, salinidade, concentração do carbono orgânico e com o teor de nitrogênio no ecossistema (ALLEN *et al.*, 2007). Porém a ação antrópica pode afetar todo o ecossistema. Chauhan *et al.* (2008) verificaram que conforme a época do ano (seco e chuvoso), as características dos solos e da água variam, alterando assim a produção e o fluxo de emissão de CH₄ e N₂O nas áreas de manguezal.

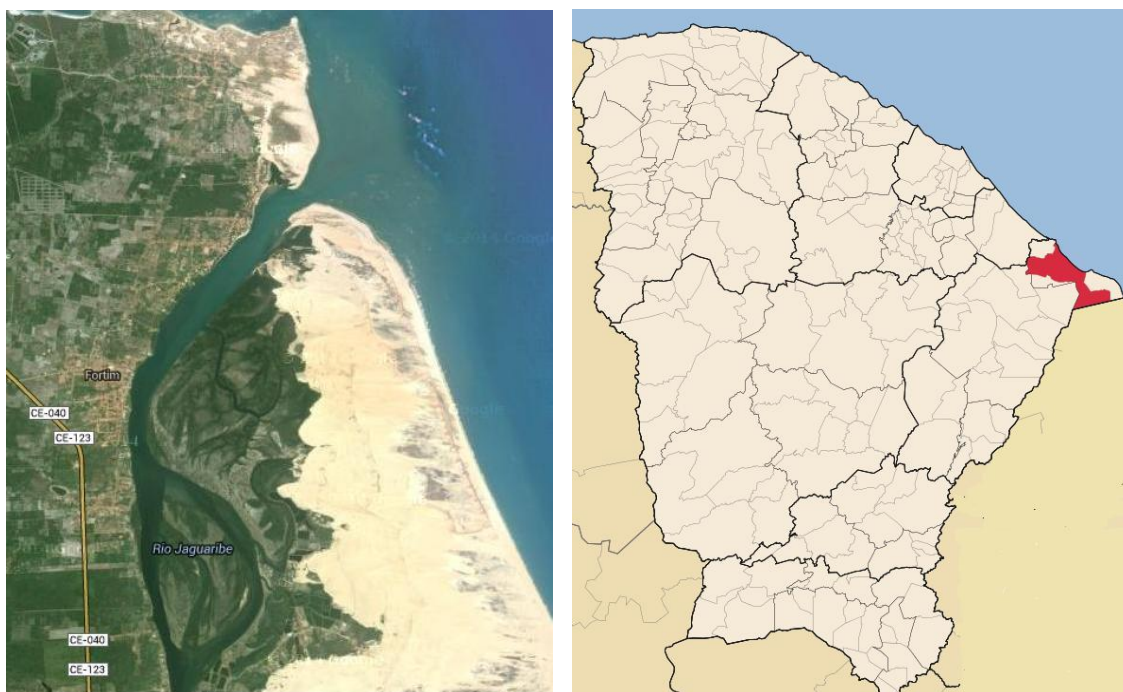
4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um manguezal com uma área impactada com efluente de carcinicultura e outra área considerada não impactada, ou seja, sem influência do efluente de carcinicultura.

4.1 Caracterização da área

O manguezal do estudo encontra-se na zona costeira do Estado do Ceará, localizado próximo ao município de Aracati - CE, no Estuário da Bacia do Rio Jaguaribe, ocupando uma área de 641.216 km², limitada a montante pela barragem de Itaíçaba (IBGE, 1999). O clima da região é do tipo semiárido, apresentando longo período de seca, com duração média de oito meses, e curto período com chuvas irregulares (IPLANCE, 1995). A temperatura média é de 27°C e precipitação do mês mais seco abaixo de 30 mm (SILVA; SOUZA, 2006). O manguezal recebe de vários pontos efluentes dos tanques de carcinicultura localizados na sua proximidade. No entanto, próximo à foz do rio a área não recebe influentes dos tanques de carcinicultura, sendo considerada área não impactada.

Figura 2 - Localização das áreas de coleta e imagem aérea do manguezal do Rio Jaguaribe.



Fonte: Maps e Wikipédia

4.2 Granulométrica

A análise granulométrica foi realizada de acordo com a metodologia descrita em EMBRAPA (1997) para solos salinos, utilizando pré-tratamento com peróxido de hidrogênio (30 volumes) para a eliminação da matéria orgânica e álcool etílico 60% para a eliminação dos sais. Posteriormente, será empregado o método da pipeta seguido da dispersão química com hexametáfosfato de sódio (NaPO_3)₆ 0,015 mol. L⁻¹ e agitação mecânica horizontal.

4.3 Determinação do pH e Potencial de oxirredução (Eh)

O valor do pH e do potencial de oxirredução (Eh) foi medido para a caracterização físico-química do ambiente, após a estabilização dos eletrodos e a amostra de solo. O potencial de oxirredução (Eh) será obtido com o auxílio de um eletrodo de platina, adicionando-se ao valor da leitura, o potencial do eletrodo de referência de calomelano (+244 mV), enquanto as leituras de pH serão obtidas com o auxílio de um eletrodo de vidro calibrado com soluções padrões de pH = 4,0 e 7,0 (FERREIRA *et al.*, 2007).

4.4 Determinações do carbono orgânico total (COT), Nitrogênio total (N-Total), N-inorgânico (N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻).

As amostras foram coletadas em anéis de PVC com 7,5 cm de altura e 5 cm de diâmetro, e a face inferior do anel foi protegida com tecido do tipo morim preso com liga de borracha, para evitar perda de solo. Em cada área foram coletados 10 pontos, totalizando 20 amostras de solo. As amostras foram mantidas refrigeradas durante o transporte até o laboratório. O carbono orgânico total (COT) foi determinado segundo método descrito em Mendonça e Matos, 2005. Para determinação do N-total e N-inorgânico, empregou o método da destilação a vapor descrito em Cantarella e Trivelin (2001).

4.5 Coleta de gases de efeito estufa (GEEs)

Essa etapa do trabalho consistiu na coleta dos GEEs (CO₂, CH₄ e N₂O) no solo em duas áreas (impactados e não impactados) com predomínio da vegetação de *Rhizophora* e *Avicennia*. As medições dos fluxos de gases foram feitas, utilizando três câmaras estáticas (Figura 4) parcialmente enterradas no solo (5 cm de profundidade) .

Figura 3 – Vegetação da área de manguezal (A) *Rhizophora spp* (B) *Avicennia*



Fonte: o Autor

Estas câmaras foram confeccionadas em material rígido e suas dimensões levarão em consideração a razão volume: área basal, a qual deverá ser pequena para um rápido aumento da concentração dos gases (curto período de amostragem), porém grande o suficiente para minimizar as perturbações da superfície. Na parte superior da tampa, foi feita abertura para a coleta dos gases por meio de seringa do tipo BD de nylon de 20 mL, sendo em seguida transferidas para frascos de 10 mL, de maneira a manter a integridade das amostras.

Depois de instalada na superfície do solo de manguezal (5 cm de profundidade), as câmaras estáticas permaneceram por 30 minutos de repouso para a estabilização da pressão interior (KELLER et al., 2000; ALLEN et al., 2007). Após esse período, a amostragem foi realizada em intervalos de tempo pré-estabelecidos de quatro horas, sendo a coleta realizada a cada hora. Dentro desse período de uma hora realizaram coletas nos seguintes períodos: 0, 20 e 40 minutos, após o fechamento da câmara. Simultaneamente, em cada amostragem foram realizadas medições de temperatura do ar no interior da câmara, temperatura do solo do manguezal e pressão atmosférica.

Após as coletas, as amostras dos GEEs foram transportadas refrigeradas ao laboratório, onde realizou a determinação das concentrações desses gases por cromatografia gasosa. Para a injeção das amostras de gases no cromatógrafo foram utilizadas seringas do tipo Gas Tight de 2,50 mL. Os gases CO_2 e N_2O foram quantificados por meio do Electron Capture Detector, enquanto que o CH_4 será por Flame Ionization Detector. A concentração dos gases é quantificada pela comparação dos picos das áreas da amostra e do padrão. A variação nas concentrações de GEEs nas amostras em função do tempo após o fechamento da câmara (0, 20 e 40 minutos), associada ao volume e área da câmara, temperatura

do solo e pressão atmosférica foi utilizada para o cálculo do fluxo de GEE em $\mu\text{g do (gas x) m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$ para o período de 4 horas de coleta.

Figura 4: Câmara de Coleta e análises de amostras de gases de efeito estufa (GEE).



4.4 Efluente de carcinicultura

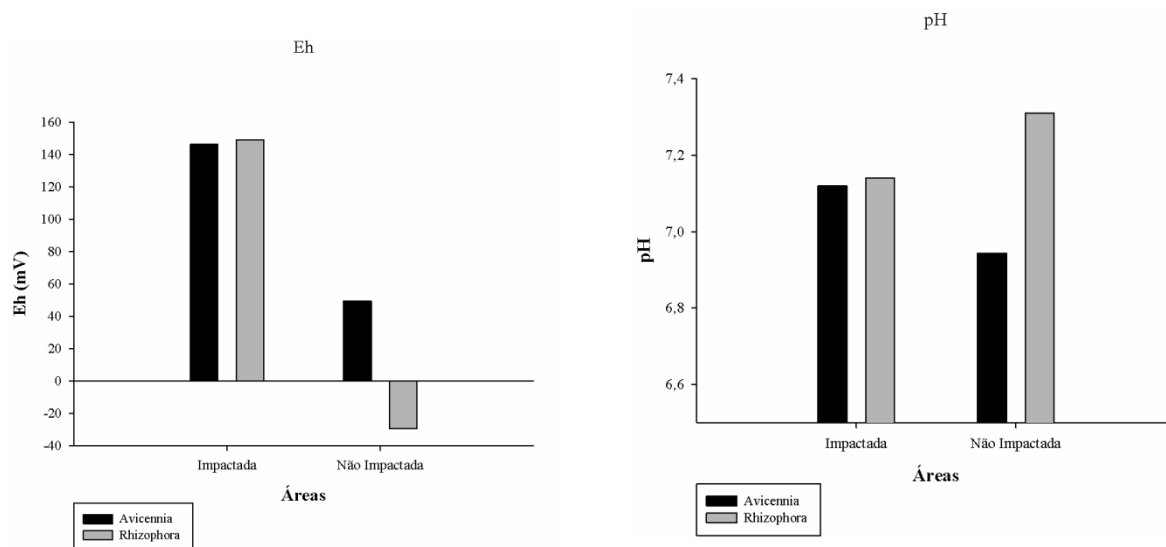
O efluente de carcinicultura foi coletado nas saídas dos 3 tanques de carcinicultura mais próximos do local de coleta de solo. As amostras foram coletadas em garrafas plásticas de 200 mL e foram devidamente acondicionadas em isopor com gelo, sendo em seguida levadas ao laboratório para posterior análise. No efluente foram determinados os teores de, N-NH_4^+ e N-NO_3^- , de acordo com metodologia descrita em Embrapa, 2010.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Eh e pH

Os valores de Eh variaram entre -29,40 a +149,25 mV (Figura 5), caracterizando amostras sob condições anóxicas e óxicas. Os maiores valores de Eh (acima de 146 mV) foram observados para a área impactada, indicando a predominância de condições óxicas ($Eh > 100$ mV). No solo com predomínio da vegetação de *Rhizophora*, constatou-se valor positivo para área impactada +149,25 mV e na área não impactada valor negativo - 29,40 mV. Observa-se que para os valores de Eh no solo com predomínio da vegetação de *Rhizophora* as condições são mais redutoras na área não impactada, quando comparadas ao da solo com vegetação de *Avicennia* para área não impactada.

Figura 5- Valores de Eh e pH medidos na área impactada por resíduo de carcinicultura e na área não impactada, com predomínio da vegetação de *Avicennia* e *Rhizophora*.



No que diz respeito às diferenças entre os valores de Eh na área não impactada e com vegetação de *Avicennia* e *Rhizophora*, se deve ao fato de que cada vegetação possui suas estruturas radiculares e com isso apresentam capacidade de oxidar o solo de maneira diferente (GLEASON; EWEL; HUE, 2003). A vegetação de *Avicennia* tem a capacidade de transportar maiores quantidade de oxigênio pelas suas raízes, quando comparada com a vegetação de *Rhizophora*

(ANDRADE; PATCHINEELAM, 2000), assim o solo com vegetação *Avicennia* possui um potencial redox maior do que solo com vegetação de *Rhizophora*.

Em relação aos valores de pH (Figura 5), o solo de todas as áreas com vegetação de *Avicennia* e *Rhizophora* apresentaram valores de pH praticamente próximo a neutralidade (6,94 a 7,31). Os valores de pH do solo próximos à neutralidade estão de acordo com os valores limites dos solos submetidos a condições anaeróbicas, que seriam entre 6,7 a 7,2 (PONNAMPERUMA, 1972). Entretanto, tais condições são constantemente alteradas, em virtude do processo de inundação e secagem.

5.2 Análise granulométrica

No solo da área impactada por resíduo de carcinicultura, independente da vegetação, a fração silte foi a que apresentou maior proporção em relação às frações areia e argila, sendo classificada como franco-siltosa. No solo da área não impactada a fração areia foi a que apresentou maior proporção em relação às frações silte e argila.

Tabela 1. Classe textural dos solos de manguezais para a área impactada com efluente de carcinicultura e não impactada, em locais com vegetações de *Avicennia* e *Rhizophora*.

Área e vegetação	Argila	Silte	Areia	Classificação
	—————	(%)	—————	(SBCS)
Impactada <i>Avicennia</i>	18,00	75,26	6,74	Franco-siltosa
Impactada <i>Rhizophora</i>	13,77	65,99	20,24	Franco-siltosa
Não impactada <i>Avicennia</i>	12,35	42,75	44,90	Franco
Não impactada <i>Rhizophora</i>	7,24	36,40	56,36	Franco-arenosa

Isso pode ser explicado pela maior inundação que o solo dessa área impactada sofre em relação a área não impactada, pois os solos que apresentam textura arenosa se localizam em regiões que sofrem maior influência da ação das ondas, enquanto os solos de textura mais fina (argila e silte) se localizam em porções mais protegidas (SOUZA JÚNIOR *et al.*, 2007). O que também justifica o fato do solo apresentar maior proporção da fração silte, é que durante o período de enchente e vazante das marés, sempre ocorre um período de parada na corrente da

maré, favorecendo assim, a sedimentação de partículas que normalmente ficam em suspensão (GANJU *et al.*, 2004).

5.3 Efluente da carcinicultura

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise de caracterização do efluente coletado na saída dos tanques. Observa-se que os teores de amônio são maiores que o de nitrato. Os valores de amônio e nitrato estão de acordo com os obtidos por Figueiredo *et al.* (2005) em efluente de fazendas de criação de camarão no rio Jaguaribe.

Tabela 2- Teores de amônio e nitrato em três pontos de descarga de efluente de carcinicultura

Pontos de descarga de Efluente	Amônio (mg.L ⁻¹)	Nitrato
P1	0,59	0,09
P2	0,28	0,05
P3	0,36	0,18

P1, P2, P3 saídas dos tanques de carcinicultura na frente da área de coleta de solo

5.4 Carbono e nitrogênio do solo

Na Tabela 3 encontram-se os resultados do teste F da análise de variância para os valores de carbono orgânico total (COT), amônio (NH₄⁺), nitrato (NO₃⁻) e nitrogênio total (NT) do solo. Observa-se que houve diferença significativa para os teores de COT e não houve diferença estatística para N-total, N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ para as áreas (não impactada e impactada por efluente de carcinicultura) e para as vegetações (*Rhizophora* e *Avicennia*).

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios de COT para a área (Impactada e não impactada) e o tipo de vegetação (*Avicennia* e *Rhizophora*). No solo com predomínio de vegetação de *Avicennia* não houve diferença significativa para os teores de COT, enquanto que na área com vegetação de *Rhizophora* houve diferença estatística entre as áreas impactadas e não impactada para os teores de COT.

Tabela 3- Resumo da análise de variância para carbono orgânico total (COT), amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrogênio total (NT) do solo.

Fontes de Variação	COT	NH_4^+	NO_3^-	NT
ÁREA	4,705*	1,212 ^{ns}	0,246 ^{ns}	3,775 ^{ns}
VEGETACÃO	10,191**	0,918 ^{ns}	2,51 ^{ns}	1,410 ^{ns}
ÁREA*VEGETACÃO	4,529*	0,264 ^{ns}	0,057 ^{ns}	0,419 ^{ns}
CV (%)	24,460	61,40	115,060	21,390

**, * significativo, pelo teste F, a 1% e 5%, respectivamente; ns: não significativo; CV: coeficiente de variação.

Por meio da análise de variância verificou-se que o COT do solo foi significativamente influenciado pela interação entre as áreas e o tipo de vegetação. O solo da área não impactada em local com vegetação de *Rhizophora* foi o que apresentou maiores teores de COT do solo ($23,58 \text{ g.kg}^{-1}$). Nóbrega *et al.* (2013) observaram que no solo de manguezal que não recebe efluente de carcinicultura os teores de COT foram maiores do que em área impactada.

Diferenças nos teores de COT do solo entre as áreas eram esperadas devido aos valores de Eh, visto que a área impactada apresenta condição óxica e área não impactada apresenta condição anóxica. Em condições óxicas a MO é mais eficientemente mineralizada do que em condição anóxica. Diferenças nos teores de COT do solo em áreas impactadas e não impactadas também poderiam estar relacionadas à destruição de grande parte das áreas de manguezais. Oliveira e Costa Mattos (2007), em estudo no Rio Grande do Norte, constataram que a carcinicultura foi responsável pelo desmatamento de 33,08% das áreas de manguezais, o que acarreta menor aporte de biomassa principalmente radicular, principal fonte de carbono nesses ambientes, já que as folhas são prontamente levadas pelo movimento da maré.

Tabela 4- Teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) do solo na área impactada e não impactada com vegetação de *Avicennia* e *Rhizophora*

Área	Vegetação	
	<i>Avicennia</i>	<i>Rhizophora</i>
COT (g.kg ⁻¹)		
Impactada	15,32 bA	16,96 aB
Não impactada	15,38 aA	23,58 aA

Valores na linha seguida pela mesma letra minúscula e coluna seguida pela letra maiúscula dentro dos teores de COT e NT não apresentam diferença estatística de acordo teste de Turkey (5%).

Não houve diferença significativa entre os teores de N-NH_4^+ e de N-NO_3^- do solo das áreas não impactadas e impactadas com efluente de carcinicultura e entre as vegetações de *Rhizophora* e *Avicennia*. Apesar da presença de N-NH_4^+ e de N-NO_3^- no efluente de carcinicultura, esses não foram suficientes para aumentar o teor no solo de forma significativa. A disponibilidade de nitrogênio em solos de manguezais, normalmente é baixa, e isso pode ser explicado pelo fato da fixação biológica do nitrogênio não ser a maior atividade bacteriana nos manguezais, perdendo para a decomposição anaeróbica por bactérias redutoras de sulfato (HOLGUIN; VAZQUEZ; BASHAN, 2001).

5.5 Fluxos de CO_2 , CH_4 e N_2O

A área impactada pelo resíduo de carcinicultura apresentou maior fluxos de CO_2 em comparação a área que não recebe diretamente o despejo do efluente. A área com vegetação *Rhizophora* foi que apresentou maior emissão de GEE, chegando a $57,53 \text{ mg.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ para área impactada e $54,06 \text{ mg.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ para área não impactada (Figura 6). Em relação aos fluxos de CO_2 , a diferença dos valores entre as áreas foram poucas.

Observa-se que os baixos valores encontrados para os fluxos de GEE indicam que apesar do alto teor de carbono, o solo de manguezal tende a mantê-los na forma orgânica, indicando baixa decomposição da matéria orgânica do solo. Esse comportamento também foi observado por Chen et al. (2014) e Chen, Tam e Ye. (2010).

Em relação aos fluxos de CH_4 , a área impactada com vegetação *Rhizophora* apresentou o maior valor ($3,24 \text{ mg.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$) (Figura 6). Embora os manguezais sejam naturalmente ambientes que favorecem o metabolismo anaeróbico, os valores elevado de CO_2 e os baixos valores de CH_4 , juntamente com o elevado valor de Eh, indicam que no manguezal em estudo, o metabolismo aeróbico é mais ativo, resultando em maiores emissões de CO_2 e menor emissão de CH_4 (LIVESLEY; ANDRUSIAK, 2012).

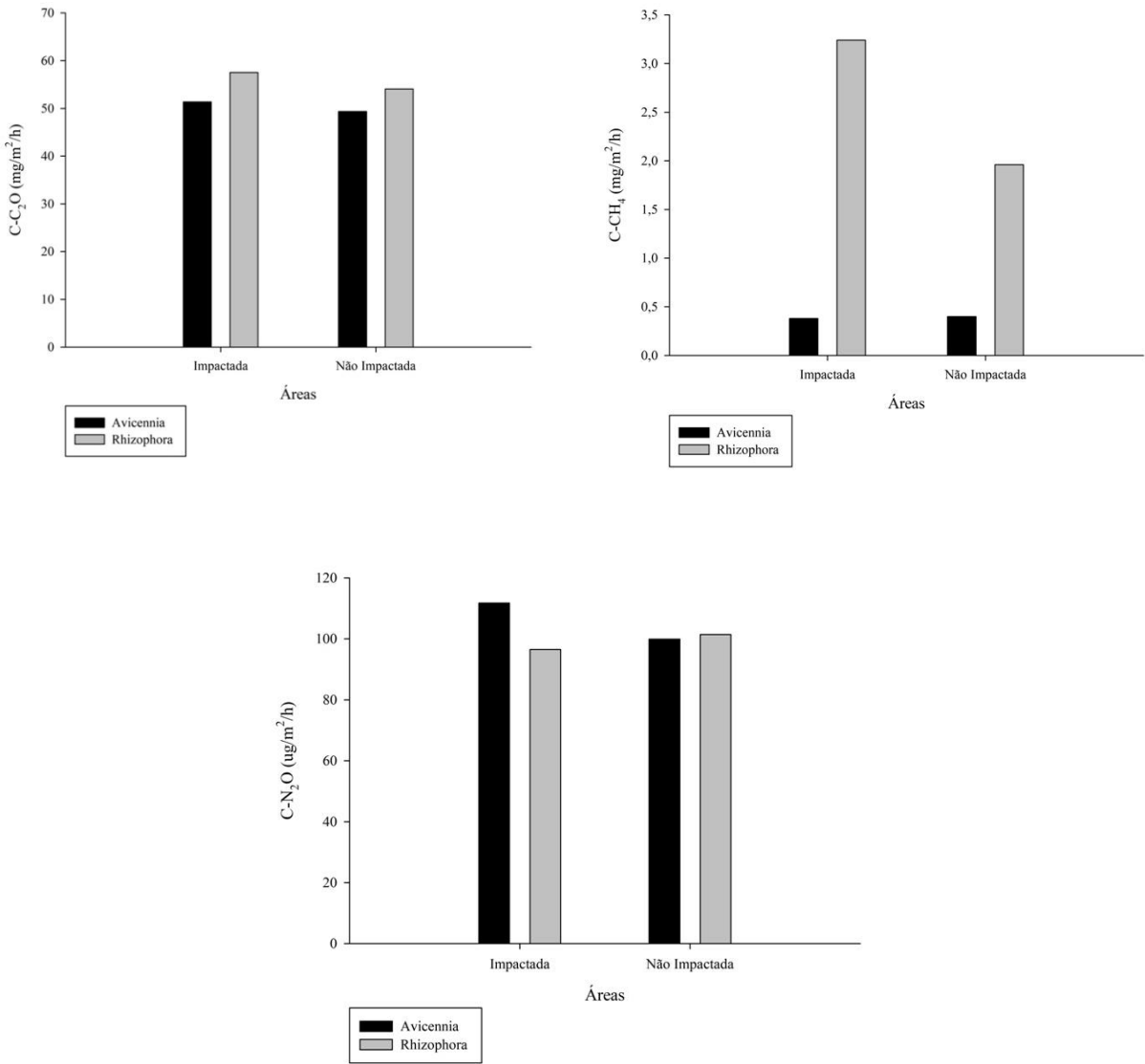
O CH_4 é um dos principais hidrocarbonetos presentes na atmosfera. Sua formação ocorre de forma natural em ambientes contendo matéria orgânica em decomposição, ou seja, em locais com solos úmidos e ricos em atividades microbiológicas. Sendo as áreas úmidas consideradas como principal fonte de emissão de CH_4 para a atmosfera (HOUGHTON *et al.*, 2001). De acordo com Ferry (1992), o CH_4 é liberado na fase final da mineralização da matéria orgânica. Em ambientes anaeróbios, com baixo teor de sulfato e nitrato, a mineralização da MOS ocorre por fermentação metanogênica que libera CH_4 e CO_2 .

A emissão de CH_4 é afetada pela presença de outros aceptores de elétrons mais energéticos como: O_2 , NO_3 , oxi-hidróxidos de Mn, oxi-hidróxidos de Fe e SO_4^{2-} . Para que ocorra a metanogenese é necessário que se esgotem esses aceptores de elétrons no solo e os microrganismos metanogênicos iniciem seu metabolismo (KRISTENSEN *et al.*, 2008).

Nesse estudo, os fluxos de N_2O foram de $111,75$ e $96,51 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ nas áreas impactadas e $99,94$ e $101,43 \text{ mg. m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ para área não impactada, podendo serem considerados elevados comparados aos de outros estudos em manguezais. Alongi *et al.* (2005), Chen, Tam e Ye (2010) e Chen, Tam e Ye (2012) obtiveram valores em média de $4,40$, $0,53$ e $3,64 \text{ mg.m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, respectivamente. É notório que não houve grande diferença dos fluxos de N_2O na área que recebe diretamente o efluente da carcinicultura, comparado a que não recebe efluente (figura 6). Essa condição pode está associada aos teores de teores de N-total encontrada na área que recebe o despejo do efluente e da não impactada, no qual observou que não houve diferença estatística entre as áreas e vegetação.

Os manguezais são naturalmente ambientes com capacidade de emissão de fluxos de N_2O , devido ao constante encharcamento do solo e os elevados teores de matéria orgânica, fatores que intensificam o processo de desnitrificação, principalmente por processos microbianos produtores de N_2O (SOUZA E ENRICH-PRAST, 2012).

Figura 6 - Variação temporal dos fluxos de CO₂, CH₄ e N₂O na interface solo-atmosfera na área impactada com efluente de carcinicultura e na área não impactada.



O fluxo de gases varia com a localização do manguezal, pois pode ser alterado em função dos fatores naturais, como: temperatura, salinidade, teor do carbono orgânico e do teor de nitrogênio no ecossistema, bem como por ações impactantes como a derrubada de florestas e exposições de oxidação da matéria orgânica (ALLEN *et al.*, 2007).

No entanto, no presente trabalho, a área que recebeu o efluente de carcinicultura não teve valores muito elevados em comparação com a área não impactada. Pode-se supor que os impactos antrópicos resultaram na redução da entrada orgânica de carbono e/ou a uma intensificação do Fluxo de CO₂ durante um curto período (antes das medições deste estudo). De fato, impactos antropogênicos (por exemplo, remoção de árvores) resultam em aumento rápido e significativo das emissões de CO₂ e CH₄, com uma tendência de queda durante o tempo (LOVELOCK *et al.*, 2011; LANG'AT *et al.*, 2014).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade da carcinicultura vem crescendo e com ela, a produtividade dos manguezais é reduzida. Um dos principais impactos dessa atividade é na biogeoquímica do solo, particularmente no ciclo do carbono.

Solos afetados por efluentes de carcinicultura apresentam maior condição oxidada e menor carbono orgânico total (COT) do que uma área não afetada por carcinicultura.

A mineralização anaeróbica nos solos de manguezais, associada à elevada capacidade de produção de biomassa, torna essa área acumuladoras de carbono e, por isso, importantes no ciclo global desse elemento e no contexto das mudanças climáticas.

O efluente da carcinicultura, apesar de aumentar os teores de nitrogênio no solo, pouco contribui para o aumento da emissão de GEE. Sendo a área com *Avicennia* que emitiu menor quantidade de GEE.

Diante do grande número de empreendimentos na região e da falta de cuidados com o tratamento do efluente, as áreas do manguezal do rio Jaguaribe que recebem o efluente, aliado as condições ambientais favoráveis, torna esse ambiente propício a grande emissão de óxido nitroso, contribuindo com os processos de mudanças climáticas, embora possua baixos fluxos de CO_2 e CH_4 .

7. REFERÊNCIAS

- ABCCAM. Associação Brasileira de Criadores de Camarão. **Projeto executivo para apoio político ao desenvolvimento do camarão marinho cultivado**. Recife. 2004. Disponível em <http://www.mcraquacultura.com.br/arquivos/projeto>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- ACCC. Associação Cearense de Criadores de Camarão. **Carcinicultura: Panorama atual**. Disponível em <http://www.pecnordestefaec.org.br/2013/wp-content/uploads/2013/09/Carcinicultura.pdf>. Acesso em: 11 janeiro 2018.
- ALLEN, D. E. *et al.* Spatial and temporal variation of nitrous oxide and methane flux between subtropical mangrove sediments and the atmosphere. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, p. 622-631, 2007.
- ALONGI, D. M. Present state and future of the world's mangroves forests. **Environmental Conservation**, v. 29, p. 331-349, 2002.
- ALONGI, D. M. *et al.* Rapid sedimentation and microbial mineralization in mangrove forests of the Jiulongjiang estuary, China. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 63, p. 605-618, 2005.
- ALONGI, D. M. Carbon payments for mangrove conservation: ecosystem constraints and uncertainties of sequestration potential. **Environmental Science Policy**, v. 14, p. 462-470, 2011.
- ANDRADE, R.C.B.; PATCHINEELAM, S.R. Especificação de metais-traço em sedimentos de florestas de manguezais com *Avicennia* e *Rhizophora*. **Revista Química Nova**, v. 23, p. 733-736, 2000.
- AMIRKOLAIE, A. K. Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish farms through feed and feeding. **Reviews in Aquaculture**, v.3, p. 19-26, 2011.
- ARAÚJO, I. C. S; COSTA, M. C. G. Biomass and nutrient accumulation pattern of leguminous tree seedlings grown on mine tailings amended with organic waste. **Ecological Engineering**, v. 60, p. 254-260, 2013.
- BOCKMAN, O. C.; OLFS, H. W. Fertilizers, agronomy and N₂O. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 52, p. 165-170, 1998.
- BRICKER, S. B. *et al.* **National Estuarine Eutrophication Assessment. Effects of nutrient enrichment in the nation's estuaries**. NOAA - NOS Special Projects Office, 1999.
- CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. **Ciência Rural**, v. 29, p. 171-180, 1999.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: RAIJ, B. V. *et al.* (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 270-276, 2001.

- CERRI, C. E. P. *et al.* Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 83-99, 2007.
- COELHO JUNIOR, C. E.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Considerações teóricas e práticas sobre o impacto da carcinicultura nos ecossistemas costeiros, com ênfase no ecossistema Manguezal**, 2000. Disponível em www.redmanglar.org/ebol/docs/Impactosmanguezal.doc. Acesso em: 10 fev. 2018.
- COSTA, F.; ZANATTA, J.; BAYER, C. Fundamentos da matéria orgânica do solo. In: SANTOS, G. A. *et al.* **Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 545-555.
- CIOTTA, M. N. *et al.* Manejo da calagem e seu efeito sobre componentes da acidez de um Oxisol sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 527-535, 2004.
- CHAUHAN, R.; RAMANATHA, A. L.; ADHYA, T. K. Assessment of methane and nitrous oxide flux from mangroves along Eastern coast of India. **Geofluids**, v. 8, p. 321-332, 2008.
- CHEN, G. C.; TAM, N. F. Y.; YE, Y. Summer fluxes of atmospheric greenhouse gases N₂O, CH₄ and CO₂ from mangrove soil in South China. **The Science of the total environment**, v. 408, p. 2761-7, 2010.
- CHEN, G. C.; TAM, N. F. Y.; YE, Y. Spatial and seasonal variations of atmospheric N₂O and CO₂ fluxes from a subtropical mangrove swamp and their relationships with soil characteristics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 48, p. 175-181, 2012.
- CHEN, G. C. *et al.* Rich soil carbon and nitrogen but low atmospheric greenhouse gas fluxes from North Sulawesi mangrove swamps in Indonesia. **Science of the Total Environment**, v. 487, p. 91-96, 2014.
- COELHO JUNIOR, C. E.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Considerações teóricas e práticas sobre o impacto da carcinicultura nos ecossistemas costeiros, com ênfase no ecossistema manguezal**, 2000. Disponível em www.redmanglar.org/ebol/docs/Impactosmanguezal.doc. Acesso em: 01 fev. 2017.
- CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999, p.197-225.
- DONATO, D. C. *et al.* Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. **Nature Geoscience**, v. 4, p. 293-297, 2011.
- DUKE, N. C. *et al.* A world without mangroves. **Science**, v. 317, p. 41-42, 2007.
- DUIKER, S. W.; LAL, R. Carbon budge study using CO₂ flux measurements from a no till system in central Ohio. **Soil Tillage Research**, v. 54, p. 21-30, 2000.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Rio de Janeiro, p. 306, 2013.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Análise de nitrato e amônio em solo e água, 2010. Disponível em: < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2010/documento/Doc_114.pdf >. Acesso em 02. Fev. 2017.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION .**The world's mangroves 1980-2005**. Rome, Italy: FAO, 2007.

FERNANDES, A. J.; PERIA, L. C. S. Característica do Ambiente. In: SCHAEFFER-NOVELLI, Y. S. (Coord); **Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar**; Carribbean Ecological Research, São Paulo, 1995.

FERREIRA, T. O. ; OTERO, X. L; VIDAL TORRADO, P.; MACIAS, F. Redox processes in mangrove soils under *Rhizophora mangle* in relation to different environmental condition. **Soil Science Society of America Journal**, v. 71, p. 484-491, 2007.

FIGUEIREDO, M. C. B. *et al.* Impactos ambientais do lançamento de efluentes de carcinicultura em águas interiores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, p. 167-174, 2005.

FREITAS, U. *et al.* Influência de um cultivo de camarão sobre o metabolismo bêntico e a qualidade da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 293- 301, 2008.

FRUEHAUF, S. P. *Rhizophora mangle* (Mangue vermelho) em áreas contaminadas de manguezal na baixada santista. 2005. 223 f. **Tese** (Doutorado em Ecologia de Agroecossistema)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GANJU, N.K. *et al.* Tidal oscillation of sediment between a river and a bay: a conceptual model. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 60, p.81-90, 2004.

GLEASON, S.M.; EWEL, K.C.; HUE, N. Soil redox conditions and plant–soil relationships in a micronesian mangrove forest. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 56, p. 1065– 1074, 2003.

GIRI, C. *et al.* Mangrove forest distributions and dynamics (1975–2005) of the tsunamiaffected region of Asia. **Journal of Biogeography**, v. 35, p. 519–528, 2008.

GIRI, C. *et al.* Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, p. 154-159, 2010.

HOLGUIN,G.; VAZQUEZ,P.; BASHAN,Y. The role of sediment microorganisms in the productivity, conservation, and rehabi litation of mangrove ecosystems: an overview. **Biology and Fertility Soils**, v. 33, p. 265-278, 2001.

HOUGHTON, J. T. *et al.* **Climate Change 2001: The Scientific Basis**. Cambridge University Press, 2001. p. 944.

HUANG, Y. *et al.* Nitrous oxide emissions as influenced by amendment of plant residues with different C: N ratios. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 36, p. 973-981, 2004.

HÜTSCH, B. W.; WEBSTER, C. P.; POWLSON, D. S. Long-term effects of nitrogen fertilization on methane oxidation in soil of the Broadbalk wheat experiment. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p. 1307-1315, 1993.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Diagnóstico da Carcinicultura no Estado do Ceará**. Fortaleza, 177p, 2005.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diagnóstico ambiental da bacia do Rio Jaguaribe**. Diretrizes gerais para a ordenação territorial. Salvador, 1999.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANNEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2007, p. 104.

IPECE. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGICA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Caracterização Territorial - Características geográficas, Recursos Natural e Meio ambiente**. Fortaleza, Ceará, Brasil: IPECE, 2010. p. 23.

KELLER, M. *et al* Soil-atmosphere nitrogen oxide fluxes: effects of root disturbance. **Journal of Geophysical Research-Atmospheres**, v. 105, p. 17693-17698, 2000.

KEUSKAMP, J. A. *et al.* Nutrient amendment does not increase mineralization of sequestered carbon during incubation of a nitrogen limited mangrove soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 57, p. 822-829, 2013.

KRISTENSEN, E. *et al.* Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: a review. **Aquatic Botany**, v. 89, p. 201-219, 2008.

JABRO, J. D. *et al.* Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. **Journal of Environmental Management**. v. 88, p. 1478-1484, 2008.

JOVENTINO, F. K. P.; MAYORGA, M. I. O. Diagnóstico socioambiental e tecnológico da carcinicultura no município de Fortim, Ceará, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodema**, v. 2, p. 80-96, 2008.

LABOMAR/UFC. **Atlas dos manguezais do Nordeste do Brasil: Avaliação das áreas de manguezais dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**. Fortaleza: LABOMAR, 2005, p. 62.

LACERDA, L. D. **Mangrove Ecosystems: Function and Management**. Springer Verlag, Berlin, 332 p. 2002.

LANG'AT, J.K.S. *et al.* Rapid losses of surface elevation following tree girdling and cutting in tropical mangroves. **PLoS One**, v. 9, 2014.

LIVESLEY, S. J.; ANDRUSIAK, S. M. Temperate mangrove and salt marsh sediments are a small methane and nitrous oxide source but important carbon store. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 97, p. 19-27, 2012.

LOVELOCK, C.E., Ruess, R.W., Feller, I.C. CO₂ efflux from cleared mangrove peat. **Plos One**, v.6,2011.

MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V. Abordagem geomorfológica para a realização de estudos integrados para o planejamento e gestão em ambientes flúvio-marinhos. Scripta Nova. **Revista electrónica de geografía y ciencias sociales**, Universidad de Barcelona, v. 4, 2002.

MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V.; THIERS, P. R. L. Impactos ambientais das atividades de carcinicultura no ecossistema manguezal do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 2, p. 102-110, 2009.

MENDONÇA, E.S., MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo; métodos de análises**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil. Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros**. MMA/SBF/GBA, Brasília, DF, Brasil, 2010.

MCTI. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Brasília, DF, Brasil, 2013.

NÓBREGA, G. N. *et al.* Iron and sulfur geochemistry in semi-arid mangrove soils (Ceará, Brazil) in relation to seasonal changes and shrimp farming effluents. **Environmental monitoring and assessment**,v.185, p.7393-7407, 2013.

NUNES, A. J. P. Tratamento de efluentes e recirculação de água na engorda de camarões marinho. **Panorama de Aquicultura**, v. 71, p. 27-39, 2002.

OLIVEIRA, G. D.; COSTA MATTOS, K. M. Desmatamento gerado pela atividade da carcinicultura no município de Nísia Floresta (RN). In: Encontro nacional de engenharia de produção, 27, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. 2007

PONNAMPERUMA, F. N. **The chemistry of submerged soil. Advances in Agronomy**, v. 24, p. 29-96, 1972.

SEMACE. SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SEMACE. **Atlas dos manguezais do Nordeste do Brasil: Avaliação das áreas de manguezais dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**. Fortaleza: SEMACE, 2006, 125p.

SILVA, E. V.; SOUZA, M. M. de A. Principais formas de uso e ocupação dos manguezais do Estado do Ceará, **Cadernos de Cultura e Ciência**, v. 1, p. 12-20, 2006.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (Coord.). **Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. 64p.

SOARES, A. M. L. *et al.* **Análise temporal do crescimento da carcinicultura marinha no estuário do rio Jaguaribe-Ceará**. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, realizado em Florianópolis – SC, 2007.

SOUZA, O. V. *et al.* The impact of shrimp farming effluent on bacterial communities in mangrove waters, Ceará, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 52, p. 1725-1734, 2006.

SOUZA, V. F.; ENRICH-PRAST, A. Óxido nitroso (N₂O) em ambientes aquáticos continentais: produção, fatores reguladores e fluxos de diferentes ambientes. **Oecologia Australis**, v. 16, p. 311-329, 2012

STOCKMANN, U. *et al.* The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 164, p. 80-99, 2013.

SZAKÁCS, G. G. J. *et al.* Assessing soil carbon stocks under pastures through orbital remote sensing. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 574-581, 2011.

VALIELA, I.; BOWER, J. L.; IORQUE, J. K. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. **BioScience**, v. 51, p. 807-815, 2001.