

Universidade Brasil  
Campus de São Paulo

**SOLANGE DE FATIMA CABANAS FASSINA**

**ISOLAMENTO DE BACTÉRIAS POTENCIALMENTE PROMOTORAS  
DO CRESCIMENTO DE PLANTAS E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA  
DO SOLO DE CARAGUATATUBA, SP**

**ISOLATION OF POTENTIALLY PROMOTING BACTERIA OF PLANT GROWTH  
AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF CARAGUATATUBA SOIL, SP**

São Paulo, SP  
2016

Solange de Fátima Cabanas Fassina

**ISOLAMENTO DE BACTÉRIAS POTENCIALMENTE PROMOTORAS DO  
CRESCIMENTO DE PLANTAS E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DE  
CARAGUATATUBA – SP**

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Dora Inés Kozusny-Andreani  
Professora Doutora do curso de Mestrado em Ciências  
Co-orientador: Prof. Dr. Roberto Andreani

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

São Paulo, SP

2016

## FICHA CATALOGRÁFICA

Fassina, Solange de Fátima Cabanas

F26i            Isolamento de bactérias potencialmente promotoras do crescimento de plantas e caracterização química do solo de Caraguatatuba, SP. – São Paulo, 2016.

60f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade de Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Dora Inês Kozusny-Andreani

Co-orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Roberto Andreani

1. Rizobactérias. 2. Mata ciliar. 3. Restinga. 4. Mata Atlântica. I. Título.

CDD 631.41

## Termo de Autorização

### Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *StrictoSensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto,exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **“ISOLAMENTO DE BACTÉRIAS POTENCIALMENTE PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DE CARAGUATATUBA - SP”**

Autor(es):

Discente: Solange de Fátima Cabanas Fassina

Assinatura: \_\_\_\_\_

Orientador: Dora Inés Kozusny-Andreani

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: 31/outubro/2016

TERMO DE APROVAÇÃO

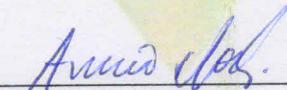
SOLANGE DE FÁTIMA CABANAS FASSINA

ISOLAMENTO DE BACTÉRIAS POTENCIALMENTE PROMOTORAS DO  
CRESCIMENTO DE PLANTAS E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO  
DE CARAGUATATUBA - SP.

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof(a). Dr(a) Dora Inés Kozusny-Andreani (Presidente)

  
\_\_\_\_\_  
Prof(a). Dr(a). Denise Regina da Costa Aguiar

  
\_\_\_\_\_  
Prof(a). Dr(a). Anísio Storti

São Paulo, 31 de outubro de 2016.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Dora Inés Kozusny-Andreani

## ***Dedico***

Ao meu filho Pedro, meu esposo Samy e aos meus amados pais Alzira e Ermelindo Fassina, que sempre me incentivaram e dedicaram suas vidas para o sucesso e realização dos filhos.

Às queridas amigas Lucimar, Priscila e Joyce pela paciência, apoio e ajuda.

À querida Doutora Dora Inés Kozusny-Andreani, pela orientação e dedicação na realização de mais um passo acadêmico, e ao Prof. Doutor Roberto Andreani, pela  
Co-orientação

## **Agradeço**

A Deus, que é o mentor de tudo e a capacidade de todas as coisas

A minha família, pelo apoio incondicional

Obrigada ao meu marido e ao meu filho, por todo incentivo

Aos meus pais

Aos amigos que torcem pelo meu sucesso

Aos meus Doutores e Mestres da UNICASTELO, em especial minha orientadora  
Profa. Dora

Aos técnicos dos laboratórios de análises pelos resultados dos trabalhos

À Prefeitura Municipal de Caraguatatuba, São Paulo

*“Não sei se a vida é curta ou longa para nós,  
mas sei que nada do que vivemos tem sentido,  
se não tocarmos o coração das pessoas. Muitas vezes basta ser:  
colo que acolhe, braço que envolve, palavra que conforta,  
silêncio que respeita, alegria que contagia, lágrima que corre,  
olhar que acaricia, desejo que sacia, amor que promove.  
E isso não é coisa de outro mundo. É o que dá sentido à vida.  
É o que faz com que ela não seja nem curta, nem longa demais,  
mas que seja intensa, verdadeira, pura enquanto durar.  
Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”*

**Cora Coralina**

# ISOLAMENTO DE BACTÉRIAS POTENCIALMENTE PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS (PGPs) E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DE CARAGUATATUBA, SP

## RESUMO

Objetivou-se neste estudo isolar e caracterizar bactérias potencialmente promotoras do crescimento de plantas (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Serratia*, *Azospirillum* e *Azotobacter*), isoladas de solos de Mata Atlântica, de mata ciliar, de restinga e solo sem vegetação em Caraguatatuba, SP, que estão envolvidas em várias atividades biológicas das plantas protegendo-as e garantindo seu crescimento através da produção de Ácido Indol Acético (AIA). O isolamento dos micro-organismos de amostras dos diferentes solos foi realizado pela técnica de *pour plate* em meio Plate Count Agar. Após isolamento, os micro-organismos foram avaliados quanto ao seu potencial de promover o crescimento de plantas. Constatou-se que os solos da Mata Atlântica, da mata ciliar e de restinga apresentaram concentrações elevadas de bactérias gram positivas, gram negativas e de fungos, enquanto o solo sem vegetação apresentou concentrações menores. Todos os solos apresentaram bactérias potencialmente promotoras de crescimento de plantas, com capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico e solubilizar fosfatos, produzir ácido indol acético, proteases, celulasas e sideróforos. Quanto aos resultados referentes à análise química, verificaram-se diferenças entre todos os solos avaliados. Alguns apresentaram potencial orgânico para produção agrícola, pH típico de Mata Atlântica e solos empobrecidos pela degradação biológica refletindo no esgotamento do carbono do solo. Pode-se afirmar que existe grande possibilidade de promover o reflorestamento das áreas sem mata estudadas, pois se encontram nutrientes nesses solos que devem ser aproveitados antes que sejam esgotados e contribuir com a Secretaria do Meio Ambiente de Caraguatatuba com um plano de reflorestamento e diminuição de impactos ambientais no município.

**Palavras-chave:** Rizobactérias. Mata ciliar. Restinga. Mata Atlântica

## ISOLATION OF POTENTIALLY PROMOTING BACTERIA OF PLANT GROWTH AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF CARAGUATATUBA SOIL, SP

### ABSTRACT

This study aimed to isolate and characterize bacteria potentially able to promote plants growth (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Serratia*, *Azospirillum* e *Azotobacter*), isolated of Atlantic Forest soils, riparian forests, sandbanks and bare soil in Caraguatatuba (state of São Paulo, Brazil), which are involved in various biological activities of plants protecting them and ensuring their growth through the production of Indole Acetic Acid (IAA). Isolation of microorganisms from samples from different soils was made by the pour plate technique on plate count agar medium. After isolated, the microorganisms were evaluated for their potential to promote plant growth. It was found that the soil of the Atlantic Forest, the riparian forest and sandbank showed high concentrations of gram positive and gram negative bacteria and fungi, while the bare soil had lower concentrations. All soils showed potentially promoting bacteria of plant growth, ability to fix atmospheric nitrogen and solubilize phosphate, produce indole acetic acid, protease, cellulases and siderophores. As for the results of the chemical analysis, they showed differences among all soils. Some of them have organic potential for agricultural production, pH typical of Atlantic Forest and depleted soils by biological degradation reflecting in soil carbon depletion. It was possible to affirm that there is great possibility of promoting the reforestation of the areas without forest under study, because there are nutrients in these soils that must be harnessed before they are exhausted and contribute to the Caraguatatuba Department of the Environment with a plan for reforestation and reduction of environmental impacts in the municipality.

**Keywords:** Rhizobacteria. Riparian forest. Salt marsh. Atlantic Forest

## LISTA DE FIGURAS

Figura1 - Mata fechada – Floresta Atlântica – Caraguatatuba - SP .....	24
Figura 2 - Floresta Atlântica densa.....	24
Figura 3 - Árvores de grande porte em solo rico em nutrientes.....	25
Figura 4 - Mapa de vegetação e estados de alteração para o Litoral Norte de São Paulo .....	27
Figura 5 - Locais de amostragens de solo – Caraguatatuba- SP .....	35
Figura 6 - Área de amostragem dos locais de obtenção das sub amostras. ....	36
Figura 7 - Rio Claro – Rio Perequê .....	36
Figura 8 - Rio do Ouro.....	36
Figura 9 - Rio Cocanha .....	37
Figura10 - Boca da Barra .....	37
Figura 11 - Porto Novo .....	37
Figura 12 - Camaroeiro .....	38
Figura 13 - Massaguaçu.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais indicadores físicos, químicos e biológicos e suas relações com a qualidade do solo. ....	34
Tabela 2: Concentração de bactérias gram negativas, gram positivas e fungos isolados de diferentes solos do Município de Caraguatatuba – SP.....	42
Tabela 3: Porcentagem de isolados com capacidade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN), de solubilização de fosfatos (SP), de produção de ácido indol acético (AIA), de produção de proteases, de produção de celulase e de produção de sideróforos.....	43
Tabela 4: Resultados da análise química dos solos coletados em diferentes regiões de Caraguatatuba – SP.....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

RPCPs	Bactérias Promotoras do Crescimento Vegetal
SMA/SP	Secretaria de Estado do Meio Ambiente/São Paulo
RS / PB	Rio Grande do Sul / Paraíba
SC / RN	Santa Catarina/ Rio Grande do Norte
SP/ RJ	São Paulo/ Rio de Janeiro
GO/ CE	Goiás/ Ceará
MS/ MG	Mato Grosso do Sul/ Minas Gerais
ES/ RJ	Espírito Santo/ Rio de Janeiro
BA/ PR	Bahia/ Paraná
AL	Alagoas
AIA	Ácido indol acético
PESM	Parque Estadual da Serra do Mar
O <sub>2</sub>	Oxigênio
CO <sub>2</sub>	Gás Carbônico – dióxido de carbono
N <sub>2</sub>	Molécula de nitrogênio
NOX	Número de oxidação
MOS	Matéria orgânica do solo
MO	Matéria orgânica
CTC	Capacidade de troca catiônica
CE	Condutividade elétrica
pH	Potencial hidrogeniônico
PPCPs	Produtos farmacêuticos de cuidado pessoal
N <sub>2</sub> (FBN)	Fixação biológica do nitrogênio
N	Nitrogênio
Gr	Gramas
°C	Graus Celsius
Cm	Centímetros
RPM	Rotação por minuto
NACl	Cloreto de sódio
%	Porcentagem
MI	Milímetros

PGP	Plano de gerenciamento do projeto
$\mu$ L	Conversor microlitro
CFU ML <sup>1</sup>	Unidade de medida usada para estimar o número de bactérias ou fungos
CIs	Compostos indólicos
HClO <sub>4</sub>	Ácido perclórico
IAA	Indol-3-acético
GY	Unidade (Gray)
G	Gramma
CaCl <sub>2</sub>	Cloreto de cálcio
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Fosfato de potássio
H	Horas
GEE	Gases do efeito estufa
NaCl	Cloreto de sódio
PGPR	Bactérias promotoras de crescimento vegetal
SP	Solidificação de fosfatos
FBN	Fixação biológica do nitrogênio
P	Fósforo
CBM	Carbono da biomassa microbiana
ANOVA	Teste paramétrico
NFb	Meio de cultura
SPSS	Programa para teste paramétrico
K	Potássio
MOS	Matéria orgânica do solo
MRT	Tempo médio de resistência
H+AL	Acidez potencial do solo
Ca	Cálcio
Mn	Manganês
Mg	Magnésio
Al	Alumínio

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	17
2. OBJETIVOS .....	19
2.1 Objetivo geral .....	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
3. REVISÃO DA LITERATURA .....	20
3.1 Floresta da Mata Atlântica.....	20
3.1.1 Histórico .....	20
3.1.2 Características gerais da Mata Atlântica .....	21
3.1.3 Mata Atlântica e sua utilização comercial.....	22
3.1.4 Mata Atlântica em Caraguatatuba – SP .....	23
3.2 O solo de Mata Atlântica em Caraguatatuba – relevo e climatologia .....	25
3.3 Solo de restinga .....	26
3.4 Solo de mata ciliar .....	27
4. O SOLO E SUAS FUNÇÕES .....	29
4.1 Aspectos químicos e físicos do solo.....	30
4.2 Biota do solo.....	30
4.3 Bactérias do solo - promotoras do crescimento vegetal.....	31
4.4 Indicadores biológicos de qualidade do solo.....	33
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	35
5.1 Local do experimento .....	35
5.2 Amostragem de solo para análise microbiológica e química.....	35
5.3 Análise microbiológica do solo .....	38
5.4 Caracterização de bactérias promotoras do crescimento de plantas .....	39
5.4.1 Nitrogênio .....	39
5.4.2 Produção de ácido indol-3-acético (IAA) .....	39
5.4.3 Solubilização de fosfato tricálcico.....	40
5.4.4 Produção de sideróforos .....	40
5.4.5 Produção de protease .....	40
5.4.6 Produção de celulase.....	40
5.5 Avaliação estatística dos resultados.....	41
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42

7. CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	50

## 1. INTRODUÇÃO

O solo constitui-se um fator de abastecimento de água e nutrientes, cuja disponibilidade está na dependência do clima geral, do relevo, dos processos físicos, da matéria orgânica disponível, dos micro-organismos existentes e da qualidade química dos minerais. (GODINHO et al., 2013).

O solo é um ambiente heterogêneo, que permite o desenvolvimento de grande diversidade de micro-organismos, portanto caracteriza-se por ser um ecossistema completo onde habitam entre 80% a 90% dos organismos terrestres, estendendo-se a uma complexa atividade microbiana de bactérias, de actinomicetos e de pequenos invertebrados. A biota do solo é essencial para a manutenção dos ecossistemas (SOUZA, 2011).

Os micro-organismos do solo desempenham importante papel na formação do solo, evolução da fertilidade, nutrição de plantas, formação e melhoria de sua estrutura, degradação e depuração de substâncias tóxicas, e apresentam um grande potencial biotecnológico, tais como bionoculantes para produção agroflorestal, controle biológico, produção de fármacos, entre outros (GOI; SOUZA, 2006; BUEÉ et al., 2007).

Diferentes tipos de bactérias que compõem o solo são vitais para o crescimento das plantas. Essas bactérias estão envolvidas em várias atividades biológicas do ecossistema no solo para torná-lo dinâmico, para a renovação de nutrientes, ser sustentável na produção agrícola e manter viva a variedade de plantas e espécies presentes nas florestas (AHEMAD; KHAN, 2011). Estudos evidenciam que o crescimento das plantas está associado à presença de rizobactérias (RPCPs – Bactérias Promotoras do Crescimento Vegetal), pois estas se instalam na rizosfera das plantas, auxiliando-as na aquisição de recursos como o nitrogênio, fósforo e minerais essenciais que regulam os hormônios vegetais, diminuindo agentes patogênicos no seu crescimento e atuando como biocontroladores, rizobactérias com novas características como potenciais de desintoxicação de metais pesados (WANI; KHAN, 2010; MA et al., 2011a,b), a degradação e tolerância à pesticidas (AHEMAD; KHAN, 2012a,b), tolerância à salinidade (MAYAK; TIROSH; GLICK, 2004; TANK; SARAF, 2010;), controle biológico de fitopatógenos e insetos (HYNES et al., 2008; RUSSO et al., 2008).

Algumas bactérias produzem fito-hormônios (TANK; SARAF, 2010; AHEMAD; KHAN, 2012a), sideróforos (TIAN et al., 2009; JAHANIAN et al., 2012), 1-aminocyclopropano-1-carboxilato, cianato de hidrogênio (HCN), amônia e atividade da nitrogenase (MA; RAJKUMAR; FREITAS, 2009), solubilização de fosfato (KHAN; ZAIDI; WANI, 2006; AHEMAD; KHAN, 2012b) entre outros. Os gêneros bacterianos que mais se destacam como promotores de crescimento são: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Serratia*, *Azospirillum* e *Azotobacter* (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

As RPCPs mais estudadas pertencem ao gênero *Pseudomonas*, que, além de promoverem o crescimento, atuam como agentes no controle de várias doenças e pragas (MISKO; GERMIDA, 2002). Pesquisas mostraram que bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* possuem capacidade de atuar como bactérias promotoras de crescimento em plantas não leguminosas. Essas bactérias produzem ácido indol acético (AIA), fito-hormônio que atua na formação de raízes laterais e pelos radiculares e aumenta a absorção de nutrientes (SCHLINDWEIN et al., 2008).

A resposta das plantas à inoculação com RPCPs é um fenômeno complexo que resulta da combinação de mecanismos que afetam vários aspectos da nutrição mineral, do metabolismo do carbono e do desenvolvimento radicular das plantas (MATELIN; TORAINE, 2004). As condições ambientais (solo, clima, fertilização, entre outros) e as características dos micro-organismos nativos e introduzidos são fatores determinantes para a sobrevivência e atividade das RPCPs na rizosfera (KOZDROJ; TREVOS; VAN ELSAS, 2004). Geralmente, é esperado que a resposta das plantas à inoculação com bactérias rizosféricas seja equivalente aos resultados obtidos com a inoculação de leguminosas com rizóbios. As bactérias simbióticas se encontram dentro dos nódulos radiculares e não sofrem a influência das mudanças do ambiente, enquanto os micro-organismos rizosféricos colonizam a raiz externamente, sendo afetados pelas condições do meio edáfico (REIS JUNIOR et al., 2004).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Caracterização do solo de dezesseis pontos estratégicos, em quatro sub-regiões de Caraguatatuba – SP, quanto à presença de bactérias promotoras do crescimento de plantas e aos componentes químicos.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Delimitar as áreas de amostragens de solo;
- Isolar e caracterizar, bactérias potencialmente promotoras do crescimento de plantas;
- Realizar análises químicas do solo.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Floresta da Mata Atlântica

##### 3.1.1 Histórico

A mata Atlântica está localizada na extensão de todo litoral brasileiro desde o estado do Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul com aproximadamente, 1,3 milhões de km<sup>2</sup>, sendo considerada a segunda maior floresta tropical (RIBEIRO et al., 2009).

De acordo com Ziparro (2004), em decorrência do acelerado processo de devastação e com a intensa atividade agropastoril, industrial e urbana, a Floresta Atlântica foi praticamente dizimada ao longo dos séculos após o descobrimento, restando, hoje, entre 5-8% da cobertura original (MOR, 1988). Considerada como um dos maiores centros de biodiversidade, com altos níveis de endemismo, a Floresta Atlântica está entre as oito áreas prioritárias (*hotspots*) do planeta, em termos de estratégias de conservação (MYERS et al. 2000).

Contudo, os remanescentes estão sujeitos a intervenções e ameaças constantes, pois se encontram próximos dos grandes centros urbanos brasileiros ou estão envolvidos por vastas plantações de café, cana-de-açúcar e eucalipto (DEAN, 1995).

Antes da colonização, esse bioma estendia-se em faixa praticamente contínua, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, acompanhando o litoral e ocupando cerca de 12% do território nacional. Cinco séculos depois, a ocupação territorial reduziu a Floresta Atlântica a fragmentos florestais de variados tamanhos, restando, hoje, apenas 5% de sua cobertura original (LINO; CENCIG, 1992). No estado do Rio de Janeiro, a floresta ombrófila densa ocupava, em 1994, 16,6% do território (CIDE, 2000).

A expansão da cidade reduziu, continuamente, o componente florestal. As florestas foram removidas, primeiramente, nas baixadas, para a abertura de áreas para a agricultura e habitação, e, posteriormente, as áreas de encosta foram também utilizadas para fins agrícolas, principalmente no ciclo do café, nos séculos XVIII e XIX (DEAN, 1995).

O crescimento das grandes capitais e possibilidades de emprego no setor industrial acabaram atraindo grande contingente de imigrantes em busca de melhores condições de vida. A ocupação do território, porém, sempre se defrontou com características naturais muito peculiares e gerou prejuízos sociais e ambientais de grande importância (SANTANA, 2000).

Hoje, mesmo com as legislações em vigor, áreas de proteção permanente e parques florestais, não há um controle do processo de desmatamento que causa a extinção de espécies nativas, empobrece o solo e traz consequências naturais irreversíveis para o meio ambiente. Percebe-se que a mata que circunda Caraguatatuba, considerada Floresta Atlântica, é um bioma de complexidade biológica e foi considerada, pela União Internacional para Conservação de Natureza, como um dos mais ameaçados do mundo (DAVIS et al., 1986).

### **3.1.2 Características gerais da Mata Atlântica**

De acordo com Muchailh (2010), o termo “mata”, para se referir à Mata Atlântica, tem sido usado com certas restrições, pois provém das vegetações europeias, onde predominam poucas espécies vegetais, embora alguns autores tenham usado floresta para se referir a essa “mata”. Portanto, como consta no Ministério do Meio Ambiente, para determinar o nome dos diversos biomas brasileiros, utilizam-se “mata, floresta” e “Bioma Mata Atlântica”.

O Brasil, localizado entre os trópicos, é uma área de rica diversidade climática, com uma exuberante flora e fauna, proporcionando o desenvolvimento de diversificados ecossistemas; Assim, a Mata Atlântica apresenta clima quente e úmido, e são encontradas grandes variações de relevo de planaltos e serras que impedem a passagem de massa de ar (barlaventos), e provoca chuvas na região costeira, com altos índices pluviométricos que variam de 1.800 e 3.600 mm/ano. Estão localizadas nela sete grandes bacias hidrográficas brasileiras. É um bioma com grande biodiversidade encontrada nesse *hotspot* (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000), portanto vê-se que o bioma Mata Atlântica se distribui ao longo da costa atlântica do país e atinge áreas da Argentina e do Paraguai nas regiões Sudeste e Sul, abrangendo 16 estados brasileiros (RS, SC, SP, GO, MS, ES, BA, AL, SE, PB, PE, RN, CE, MG, RJ, PR) (KLABIN; PASSOS, 2011).

Floresta densa de grande porte, com ecossistemas definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1992) como floresta ombrófila densa, ombrófila aberta, ombrófila mista, floresta estacional decidual, estacional, floresta estacional semidecidual, mangues e restingas.

Como característica de uma floresta ombrófila, observa-se uma mata sempre verde, com teto da floresta até 15 m, com árvores emergentes que chegam a 40 m de altura. Nela verifica-se uma imensa diversidade de espécies vegetais, das quais as mais comuns são: bromélias, orquídeas, cactos e samambaias. Também eram encontradas, com frequência, figueiras, jerivás e palmitos, segundo a Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida (Apremavi) (MEDEIROS, 2016?). As características de uma floresta estacional decidual e semidecidual são representadas pela presença de árvores de 25 m a 30 m, onde se observa queda de folhagens nas estações mais frias. Aparecem em locais mais úmidos, com grande quantidade de cipós e samambaias. Já a restinga preenche áreas do litoral, cobrindo planícies costeiras, onde se desenvolvem gramíneas e brejos com vegetação aquática; em alguns pontos, pode ser verificada a presença de cactos, orquídeas e bromélias – pontos com a presença de agentes poluentes, lixo deixado pela população e por veranistas, grande quantidade de óleo e resíduos de embarcações e barcos de pesca (IBAMA, 2006).

A mata ciliar de Mata Atlântica apresenta vegetação mista e, em alguns pontos, precária e soterrada pelo impacto ambiental, influência de esgoto lançado nos rios e pesca artesanal. Alguns locais próximos a pousadas ou bares, pontos comerciais, sofreram alterações antrópicas de melhoramento da vegetação e arborização, mas sem dar preferência a espécies nativas, mas ao visual arborístico (MEDEIROS, 2016?).

### **3.1.3 Mata Atlântica e sua utilização comercial**

Nesta última década, grande parte dos remanescentes da Floresta Atlântica na região de São Paulo apresentam relevos de solo propícios para agricultura; essa região com expansão agrícola tem causado sérios problemas para a flora local (IVANAUSKAS; MONTEIRO; RODRIGUES, 2001).

O bioma Mata Atlântica foi e está sendo significativamente explorado e sofrendo alterações antrópicas pelos investimentos em tecnologia, pelo crescimento

da economia, com danos ao meio ambiente, alterações no solo sem suficiente planejamento, causando drástica redução da cobertura vegetal (CORÁ, 2013).

Mesmo tendo os direitos garantidos por lei, assegurados na Constituição Federal de 1988, as leis e decretos não contribuem diretamente para que seja evitada a exploração do ecossistema. No meio rural, o agronegócio, a pecuária extensiva, a silvicultura e a implantação de centrais de produção hidrelétricas captam, de modo incessante, novas áreas produtivas em substituição aos remanescentes da Mata Atlântica, ocupação urbana, interesses econômicos que pretendem a supressão de seus remanescentes de vegetação ainda preservados ou em fase de recuperação (BRASIL, 1998; GAIO, 2013).

### **3.1.4 Mata Atlântica em Caraguatatuba – SP**

A vegetação típica do Litoral Norte é chamada de Mata Atlântica, floresta tropical caracterizada pela diversidade biológica e pela fisionomia alta e densa, cujas árvores podem atingir até 30 m de altura (CORÁ, 2013).

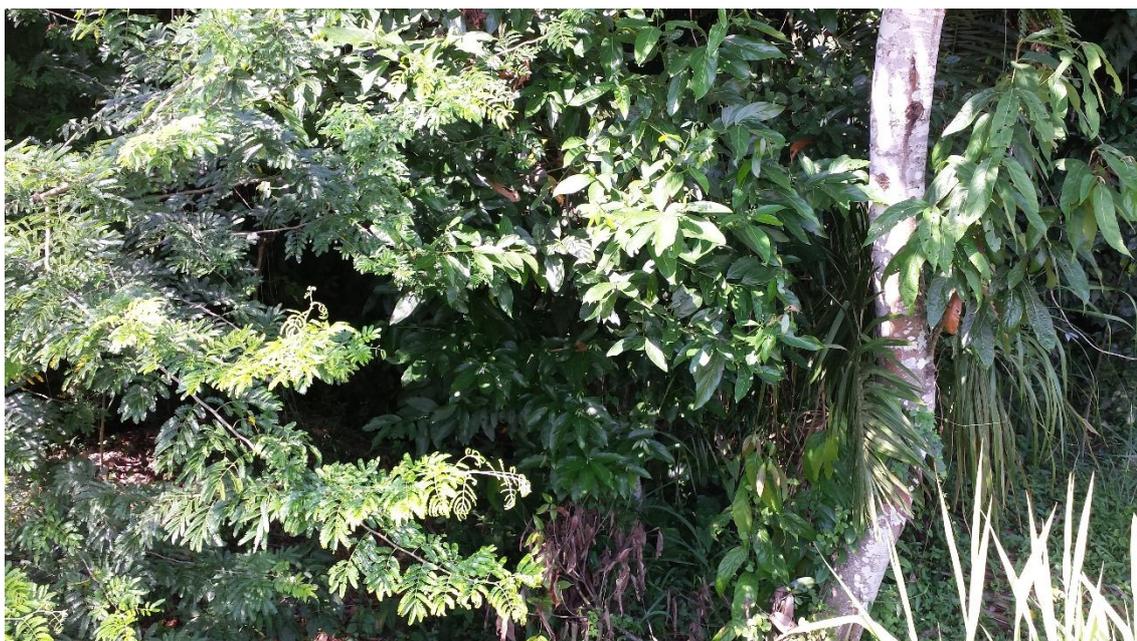
A área municipal com remanescentes da Mata Atlântica faz parte do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), que apresenta a maior área de proteção integral do litoral brasileiro. Seus 315.390 hectares abrangem parte de 23 municípios: Ubatuba, Caraguatatuba (55.000 hectares – município de estudo), São Sebastião, Bertioga, Cubatão, Santos, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe, Pedro de Toledo, Cunha, São Luiz do Paraitinga, Natividade da Serra, Paraibuna, Salesópolis, Biritiba Mirim, Mogi das Cruzes, Santo André, São Bernardo do Campo, São Paulo e Juquitiba (SÃO PAULO, 2006).

A floresta de Mata Atlântica, localizada neste município no PESM, apresenta 78% da cidade, com características significativas de uma planície aluvial, costeiras estreitas, com predominância de depósitos marinhos holocênicos atrás dos quais se desenvolveram paleolagunas holocênicas isoladas, região cortada por estreita planície fluvial (SOUZA; LUNA, 2010). A Mata Atlântica, nessa encosta, é representada por vegetação de praias, floresta baixa de restinga, brejo de restinga, floresta paludosa com intervenções antrópicas, floresta de transição restinga-encosta, floresta ombrófila densa (CONAMA, 1996).

Mais de 80% de seu território está inserido em unidades de conservação que compõem uma das porções mais significativas da Mata Atlântica do País. Nessa faixa

do Litoral Norte, destacam-se o projeto de ampliação da capacidade de movimentação de cargas e toda a adaptação de rodovias e duplicação de rodovias. (TEIXEIRA et al., 2012).

A floresta de Mata Atlântica, localizada neste município no Parque Estadual da Serra do Mar, apresenta 78% da cidade (CORÁ, 2013).



**Figura 1** – Mata fechada – Floresta Atlântica – Caraguatatuba, SP.  
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



**Figura 2** – Floresta Atlântica densa.  
Fonte: Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



**Figura 3** – Árvores de grande porte em solo rico em nutrientes.  
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

### **3.2 O solo de Mata Atlântica em Caraguatatuba – relevo e climatologia**

De acordo com pesquisas de Daher (2012), Caraguatatuba apresenta três grandes compartimentos geomorfológicos: planalto do Paraitinga, escarpas da Serra do Mar e planície costeira. O planalto do Paraitinga possui formas mamelonares com espesso manto de regolito e restos de detritos mais grosseiros. A drenagem é dendrítica nas cabeceiras, em função dos morros mamelonares, porém, retilínea, retangular em treliça, em função do arcabouço estrutural. As altitudes variam entre 800 e 1000 metros (SÃO PAULO, 2006).

As áreas de escarpas de Serra do Mar são de desgaste, com grande dinamização geomorfológica em alta influência estrutural. A ação antrópica é limitada aos baixos e médios níveis, até 200–300 metros. A drenagem apresenta escoamento de alta energia, com formação de corredeiras, lajeados e cachoeiras. Nas vertentes mais íngremes, o escoamento é temporário, dependendo das pancadas de chuva e alimentação do lençol freático. As altitudes das escarpas variam entre 20 a 800 metros (DAHER, 2012).

Observando-se as escarpas da Serra do Mar no Litoral Norte, verifica-se que alguns trechos mergulham no oceano, descendo em patamares por meio de seus esporões. Pequenas praias ocupam os espaços entre eles. Nas encostas dessas praias existem as baixadas, pequenas e pouco largas, com uma drenagem curta que, surgindo em declínio das encostas escarpadas, por elas divagam até o mar formando um lindo cartão postal (CRUZ, 1974).

A região de planície, no máximo até 20 metros em Caraguatatuba, possui, em geral, contato anguloso com baixas vertentes. A baixada é drenada pela bacia do Juqueriquerê, que a divide em dois setores: Bacia do Camburu ao Norte, local de coleta de mata ciliar, e ao Sul do Rio Claro. Esses rios formam extensas planícies aluviais nos fundos da baixada. Os problemas mais sérios para o uso do solo são: inundações fluviais, que atingem os terrenos situados em cotas mais baixas (várzeas), e o fato de a região possuir um dos alinhamentos orográficos mais significativos do território brasileiro, descrito por Daher (2012).

A posição em que se situa o relevo e a presença da Mata Atlântica proporcionam características climáticas com alto índice de radiação solar que, juntamente com a topografia da Serra do Mar e a influência oceânica, favorece a ocorrência de chuvas do tipo orográfica, expondo a região a um intenso e importante fluxo de umidade. Segundo Conti (2001), esse alto índice de concentração energética registrado nas regiões intertropicais é imprescindível para a compreensão da influência da tropicalidade sobre as características morfoclimáticas da região. Em Caraguatatuba, Litoral Norte, o tipo climático predominante é tropical úmido de altitude; as chuvas são intensas durante o ano todo, porém, tem sido mais escassa nos últimos dois anos, mesmo assim, intensificando-se no verão nos meses de dezembro a março. Esse período do ano, em toda a região litorânea, coincide com as atividades turísticas (veraneio), o que acaba por causar maior pressão sobre o meio ambiente já sobrecarregado, podendo provocar grandes desastres naturais vinculados a fenômenos de origem hidrometeorológica, como inundações, escorregamento e deslizamento de massas (MARANDOLA Jr. et al. 2013).

### **3.3 Solo de restinga**

Apesar das fortes pressões socioeconômicas para utilização dos espaços naturais, a zona costeira de São Paulo ainda preserva grandes maciços e fragmentos

preservados de Mata Atlântica e ecossistemas associados, dentre eles as “restingas” e os manguezais. As vegetações associadas a esses ecossistemas de “restinga”, denominados por Rizzini (1963) de “complexo vegetacional de restinga”, recobrem as planícies costeiras e apresentam como principal característica serem de clímax edáfico, o que significa que são intimamente dependentes da natureza do substrato. Restinga é um ecossistema brasileiro costeiro, geologicamente pobre quanto ao número de espécies, sendo a flora e a fauna típicos de Mata Atlântica (SOUZA, 2006).

Como mostra a figura 4 do Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo (SMA/SP), descrita por Modenesi (2012), verificam-se escassos pontos de restinga em Caraguatatuba, quase invisíveis na geografia atual.

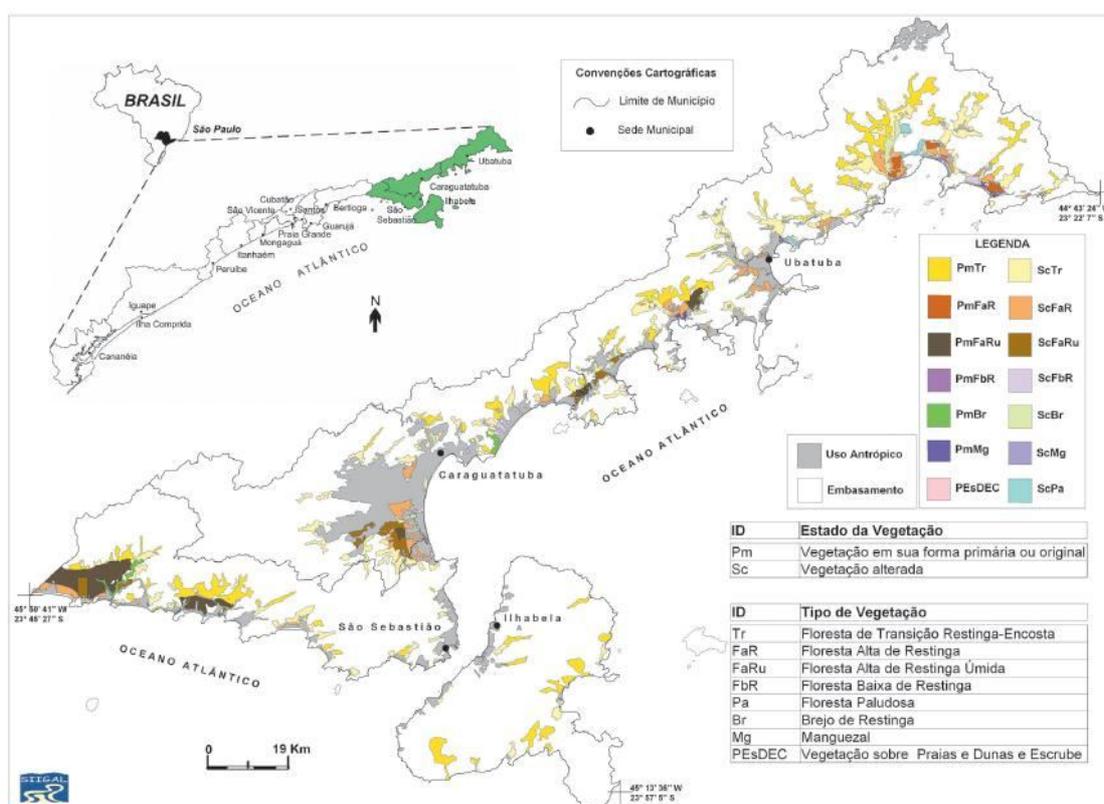


Figura 4 – Mapa de Vegetação e Estados de Alteração para o Litoral Norte de São Paulo. Fonte: Modenesi, 2012.

### 3.4 Solo de mata ciliar

O ecossistema mata ciliar comporta-se como excelente consumidor e tampão de nutrientes que estão presentes no escoamento advindo de agrossistemas vizinhos (FERREIRA; DIAS, 2004).

Entende-se por vegetação ciliar ou ripária aquela que margeia as nascentes e os cursos de água. São comumente chamadas, em diferentes regiões do Brasil, floresta ripária, florestas ribeirinhas, matas de galeria, floresta ripícola e floresta beiradeira (KLEIN, 2009).

Água e mata são indissociáveis. Observando-se, portanto, seus aspectos, pode-se definir, tecnicamente, a grande riqueza da Mata Atlântica como uma vegetação remanescente nas margens dos cursos de água em uma região originalmente ocupada por mata e, como mata de galeria, aquela vegetação mesofílica que margeia os cursos de água onde a vegetação natural original não era mata contínua, sendo fundamental para a preservação ambiental e, em especial, para a manutenção das fontes de água e da biodiversidade (CHAVES, 2009).

Dentre os benefícios proporcionados ao meio ambiente por essa vegetação, têm merecido destaque o controle da erosão do solo por meio de estruturas físicas e barreiras vegetais de contenção, minimização de contaminação química e biológica e ações mitigadoras de perdas de água por evaporação e consumo pelas plantas. Quanto à qualidade, deve-se salientar que, além da contaminação com produtos químicos, a poluição da água resultante de toda e qualquer ação que acarrete aumento de partículas minerais no solo, da matéria orgânica e dos coliformes totais pode comprometer a saúde dos usuários, pessoas ou animais (LIMA; RODRIGUES, 2009).

## 4. O SOLO E SUAS FUNÇÕES

O solo é um recurso natural vital para o funcionamento do ecossistema terrestre e representa um balanço entre os fatores físicos, químicos e biológicos. Os principais componentes do solo incluem minerais inorgânicos e partículas de areia, silte e argila, formas estáveis da matéria orgânica derivadas da decomposição pela biota do solo, a própria biota composta de minhocas, insetos, bactérias, fungos, algas e nematoides e gases como O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Para esses autores, o solo, como um sistema natural vivo e dinâmico, regula a produção de alimentos e fibras e o balanço global do ecossistema, além de servir como meio para o crescimento vegetal pelo suporte físico, disponibilidade de água, nutrientes e oxigênio para as raízes. Pode atuar na regulação hídrica do ambiente, transformação e degradação de compostos poluentes (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Para Godinho et al. (2013), o solo constitui-se fator de abastecimento de água e nutrientes, cuja disponibilidade está na dependência do clima geral, do relevo, dos processos físicos do solo, da matéria orgânica disponível, dos micro-organismos existentes e da qualidade química dos minerais do solo.

O solo possui seis funções principais, inteiramente relacionadas à ecologia e à atividade humana. As funções ecológicas incluem: a) produção de biomassa (alimentos, fibras e energia); b) filtração, tamponamento e transformação da matéria para proteger o ambiente, da poluição das águas subterrâneas e dos alimentos; c) habitat biológico e reserva genética de plantas, animais e organismos, que devem ser protegidos da extinção. As funções ligadas às atividades humanas incluem: a) meio físico que serve de base para estruturas industriais e atividades sócio econômicas, habitação, sistema de transportes e disposição de resíduos; b) fonte de material partícula, do (areia, argila e minerais); c) parte da herança cultural, paleontológica e arqueológica, importante para preservação da história da humanidade. No caso das atividades relacionadas à agricultura e o meio ambiente, as principais funções do solo são: promover um meio para o crescimento vegetal e habitat para animais e microrganismos; regulação de fluxo de água no ambiente e servir como barreira ambiental na atenuação e degradação de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007, p. 68-69).

#### **4.1 Aspectos químicos e físicos do solo**

Os aspectos físicos e químicos do solo estão diretamente atrelados aos seus componentes. Para Cardoso (2014), a qualidade química do solo é um dos fatores mais rapidamente afetado pelos processos de degradação e as mudanças no uso da terra diminuem a qualidade no solo, principalmente o cultivo em áreas anteriormente ocupadas por vegetação nativa. O pH, a capacidade de troca catiônica (CTC), a condutividade elétrica do solo (CE), os teores de macro e micronutrientes e os estoques de matéria orgânica do solo (MOS) estão entre as propriedades químicas que são influenciadas pelo tipo de uso da terra e utilizadas como indicadores de qualidade do solo (SHARMA et al., 2008).

A MOS é um dos componentes de maior importância para que o ciclo do carbono aconteça, pois representa cerca de duas vezes o estoque de carbono da biomassa vegetal da atmosfera (SWIFT, 2001). Essa quantidade de carbono se transforma e é influenciada pelo clima, erosões, sedimentações, quantidade de vegetação e de matéria orgânica no solo. Solos férteis resultam plantas maiores que contem mais carbono ao ser depositado no solo (MACHADO, 2005).

Florestas tropicais, como é o caso da Mata Atlântica, necessitam de maior quantidade de nutrientes que outras florestas; a exigência nutricional é parte do nicho ecológico e constitui importante fator para a seleção dos componentes em cada comunidade. O estudo da quantidade desses nutrientes e a da capacidade de manutenção das florestas constitui-se em valioso instrumento para diagnose ambiental e avaliação de impactos naturais ou decorrentes de ações humanas (GODINHO et al., 2013).

#### **4.2 Biota do solo**

O solo é um ambiente heterogêneo que permite o desenvolvimento de uma grande diversidade de micro-organismos, portanto caracteriza-se por ser um ecossistema completo onde habitam de 80% a 90% dos organismos terrestres, e nele ocorre uma complexa atividade microbiana. A biota do solo é essencial para a manutenção dos ecossistemas (SOUZA, 2011).

A biomassa microbiana é definida como um componente vivo da matéria orgânica do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007), sendo um dos componentes que

controlam funções-chaves no solo como a decomposição e o acúmulo da matéria orgânica, ou transformações envolvendo os nutrientes minerais, que fazem parte do ciclo de crescimento dos diferentes organismos.

Os fungos, junto com os outros micro-organismos, desempenham papel importante na formação do solo, evolução da fertilidade, nutrição de plantas, formação, melhoria de sua estrutura, degradação, e na depuração de substâncias tóxicas, além de apresentar um grande potencial biotecnológico, tal como bionoculante para produção agroflorestal, controle biológico, produção de fármacos, entre outros (GOI; SOUZA, 2006; BUEÉ et al., 2007).

Existe uma forte ligação entre a biota do solo e a comunidade vegetal. O conjunto serapilheira-solo não representa somente fonte de carbono e energia para os organismos do solo, mas também o habitat onde todas as ações do organismo ocorrem, garantindo a sua sobrevivência e reprodução. A serapilheira é a porção mais dinâmica desse conjunto e, possivelmente, a mais variável (CORREIA; ANDRADE, 1999). A combinação dos efeitos químicos, físicos e biológicos dos animais do solo nas propriedades e em seus processos de preferência alimentar, como resíduos de raízes, deterioração de raízes e brotos, também podem influenciar significativamente o crescimento das plantas, ambos positiva ou negativamente (BROWN, 2006).

#### **4.3 Bactérias do solo - promotoras do crescimento vegetal**

Diferentes tipos de bactérias que compõem o solo são vitais para o crescimento das plantas. Essas bactérias estão envolvidas em várias atividades biológicas do ecossistema no solo para torná-lo dinâmico, para a renovação de nutrientes, ser sustentável na produção agrícola e manter vivas as variedades de plantas.

Estudos mostram que o crescimento das plantas está associado à presença de rizobactérias, que se instalam na rizosfera das plantas, auxiliando-as no crescimento pela aquisição de nutrientes como o nitrogênio, o fósforo e os minerais essenciais, regulam os hormônios vegetais, e atuam como biocontroladores, diminuindo agentes patogênicos (AHEMAD; KHAN, 2009).

Existem vários estudos voltados para compreender a quantidade de rizobactérias nas plantas, posto que realizam várias funções como diminuição de metais pesados, tolerância a venenos e pragas, e potencializam seu crescimento como agentes produtores de fito-hormônio (AHEMAD; KHAN, 2012a). Os gêneros

bacterianos que mais se destacam como promotores de crescimento são: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Serratia*, *Azospirillum* e *Azotobacter* (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). As RPCPs mais estudadas pertencem ao gênero *Pseudomonas*, que, além de promoverem o crescimento, atuam como agentes no controle de várias doenças e pragas (MISKO; GERMIDA, 2002).

Pesquisas mostraram que bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* possuem capacidade de atuar como bactérias promotoras de crescimento em plantas não leguminosas. Estas bactérias produzem ácido indol acético (AIA), fito-hormônio que atua na formação de raízes laterais e pelos radiculares aumentando a absorção de nutrientes (SCHLINDWEIN et al., 2008).

A resposta das plantas à inoculação com RPCPs é um fenômeno complexo que resulta da combinação de mecanismos que afetam vários aspectos da nutrição mineral, do metabolismo do carbono e do desenvolvimento radicular das plantas (MATELIN; TORAINE, 2004). As condições ambientais (solo, clima, fertilização, entre outros) e as características dos micro-organismos nativos e introduzidos são fatores determinantes para a sobrevivência e atividade das RPCPs na rizosfera (KOZDROJ; TREVOS; VAN ELSAS, 2004). Geralmente é esperado que a resposta das plantas à inoculação com bactérias rizosféricas seja equivalente aos resultados obtidos com a inoculação de leguminosas com rizóbios.

As bactérias simbióticas se encontram dentro dos nódulos radiculares e não sofrem a influência das mudanças do ambiente, enquanto os micro-organismos rizosféricos colonizam a raiz externamente e são afetados pelas condições do meio edáfico (REIS JÚNIOR, 2004).

A região estreita de solo circundante ligada ao sistema radicular é chamada de rizosfera (WALKER et al., 2003), enquanto o termo “rizobactéria” implica um grupo de bactérias da rizosfera competentes em colonizar o ambiente radicular (KLOEPPER et al., 1991). Essas bactérias fornecem o suporte mecânico, facilitam a absorção de água e nutrientes e proporcionam que as raízes das plantas sintetizem, acumulem e secretem uma diversificada de compostos (WALKER et al., 2003).

Em estudo recente, Costa et al. (2014) mostraram que, nas bactérias endófitas, existe alta produção de ácido indolacético, responsável pelo crescimento das plantas, principalmente na família *Enterobacteriaceae* (*Enterobacter*, *Escherichia*, *Grimontella*, *Klebsiella*, *Pantoea*, e *Rahnella*). A síntese pelas bactérias depende da presença de precursores em exsudatos excretados pelas plantas devido

à exposição ao alumínio, e a quantidade liberada é diretamente proporcional à concentração externa de alumínio na solução do solo. Uma vez liberados pela raiz, os exsudatos, na forma de ácidos orgânicos, formam complexos com o alumínio no apoplasto e na solução do solo, tornando as raízes mais resistentes ao alumínio (JONES, 1998). O triptofano foi identificado como o principal precursor para a produção de biossíntese de auxina (AIA – ácido indolacético), tendo como via mais importante os compostos intermediários o ácido 3-indolpirúvico e o 3 – indolilacetaldéido (SOUZA; AMBROSINI; PASSAGLIA, 2015). As bactérias endófitas facilitam o crescimento das plantas, relacionado a três mecanismos químicos: a fitoestimulação pela produção de fito-hormônios; a formação de biofertilizantes: as bactérias dispõem de alto potencial de fixar o nitrogênio atmosférico transformando em amônia, incluindo *Azospirillum spp*, *Pantoea agglomerans* (VERMA et al., 2001) e *Azoarcus spp*. (HUREK et al., 2002); e algumas bactérias promotoras do crescimento vegetal podem aumentar a disponibilidade de fósforo para a planta por meio de sua solubilização e os biocontroladores (BLOEMBERG; LUGTENBERG, 2001).

O controle biológico se dá por meio da proteção contra fitopatógenos, incluindo a produção de sideróforos ou antibióticos. Os sideróforos podem contribuir diretamente para suprir a necessidade de ferro e suprimir doenças nas plantas (DUFFY; DÉFAGO, 1999).

#### **4.4 Indicadores biológicos de qualidade do solo**

A qualidade do solo é mensurada pelo uso de indicadores. Os indicadores são atributos que medem ou refletem o *status* ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. O desafio é desenvolver ou adaptar métodos para monitorar e avaliar o impacto antropogênico sobre os processos biológicos do solo e sobre os organismos que nele habitam. Os indicadores de qualidade do solo são classificados em físicos, químicos e biológicos, descritos na Tabela 1 (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

**Tabela 1:** Principais indicadores físicos, químicos e biológicos e suas relações com a qualidade do solo**Indicadores:** Relação com a qualidade do solo

Matéria orgânica do solo (MOS), fertilidade, estrutura e estabilidade do solo

**Físicos**

Estrutura do solo – Retenção de transporte de água e nutrientes

Infiltração e densidade do solo - Movimento de água e porosidade do solo

Capacidade de retenção e umidade - Armazenamento e disponibilidade de água

**Químicos**

pH - Atividade Biológica e quantidade de nutrientes

Condutividade elétrica - Crescimento vegetal e atividade microbiana

Conteúdo de N, P, K - Disponibilidade de nutrientes da planta

**Biológicos**

Biomassa microbiana - Atividade microbiana e reposição de nutrientes

Mineralização de nutrientes - Produtividade do solo e potencial de

(N, P e S) suprimentos de nutrientes

Respiração do solo - Atividade microbiana

Fixação Biológica do N<sup>2</sup> (FBN) - Potencial de suprimento de N para as plantas

Atividade enzimática do solo - Atividade microbiana e catalítica no solo

Fonte: Doran; Parkin, 1994. (Adaptada pela autora)

Devido à complexidade das propriedades biológicas e bioquímicas, qualquer índice de qualidade do solo deve incluir diversas variáveis dessas áreas para que estas possam refletir a realidade dos complexos processos que compõem a qualidade do solo (ANDERSON, 2003). Esses parâmetros devem, também, atender às necessidades dos estudos, tais como: análise de risco causado pelo uso de pesticidas em solos aráveis; análise e previsão de risco pelo uso de lodo de esgoto, composto orgânico, etc.; monitoramento do impacto causado pelo uso da terra e predição das mudanças na qualidade do solo em decorrência da adoção de novas práticas, impacto causado pelo derramamento intencional ou acidental de compostos químicos, avaliação da melhoria na qualidade do solo após sua remediação, ou na caracterização de diferentes solos segundo critérios físico-químicos, biológicos, bioquímicos etc. (MENDES et al., 2009).

Estudos com bioindicadores evidenciam que os micro-organismos do solo, por suas características e resultados obtidos, associados a mudanças ambientais, apresentam um alto potencial no uso e na avaliação da qualidade do solo. (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

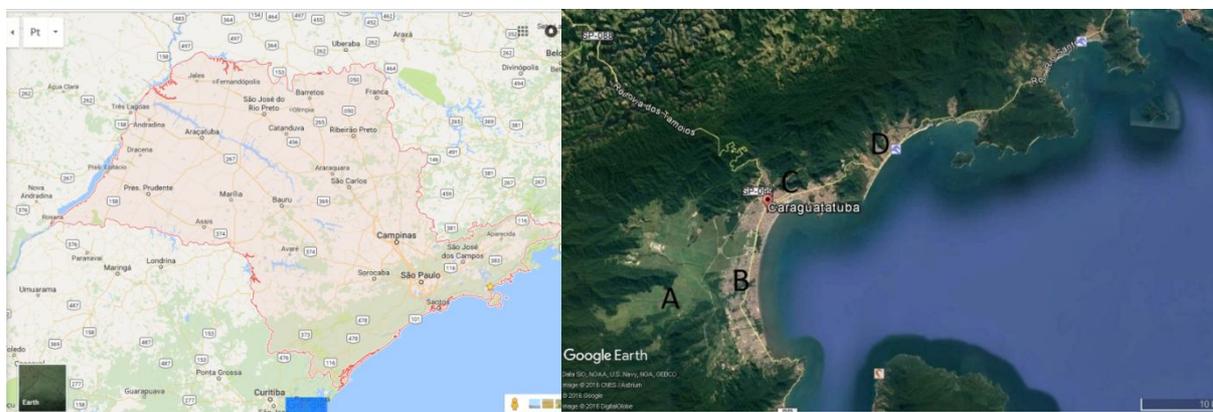
## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Local do experimento

A pesquisa foi realizada no município de Caraguatatuba, São Paulo, Brasil, latitude  $23^{\circ} 37' 13''$  S e longitude  $45^{\circ} 24' 47''$  W, a 2 m de altitude em uma área de 479,85 Km<sup>2</sup> (SOUZA; LUNA 2010).

### 5.2 Amostragem de solo para análise microbiológica e química

Foram realizadas amostragens de solo em quatro grandes áreas denominadas como: A - Rio Claro (latitude  $23^{\circ}41'44.07''$ S e longitude  $45^{\circ}27'47.94''$ O), B - Porto Novo (latitude  $23^{\circ}41'38.31''$ S e longitude  $45^{\circ}27'39.07''$ O), C - Rio do Ouro (latitude  $23^{\circ}41'39.22''$ S e longitude  $45^{\circ}27'42.57''$ O) e D – Massaguaçu (latitude  $23^{\circ}42'25.09''$ S e longitude  $45^{\circ}25'37.34''$ O) (Figura 5). Cada região foi disposta em seu segmento de norte a sul do município. Cada área foi subdividida em quatro pontos de amostragem: 1 – área de mata fechada; 2- área sem mata; 3- solo de mata ciliar; e 4 – restinga.



**Figura 5** – Locais de amostragens de solo – Caraguatatuba, SP.  
Fonte: Google mapas e Google Earth, 2016.

Nas coletas foram realizadas cinco sub amostras, composta cada uma de 100 g de solo, depositadas agregadamente em saco estéril totalizando 500 g. A amostragem foi realizada na profundidade de 10 cm em uma área delimitada equivalente a um metro quadrado (Figura 6). O detalhe dos locais de amostragem está apresentada nas Figuras de 7 a 13.

As amostras foram depositadas em recipiente estéril e identificado, armazenadas em caixas isotérmicas (temperatura interna 3°C) e transportadas para laboratório para análise microbiológica, realizada no prazo máximo de 24 horas.



**Figura 6** – Área de amostragem dos locais de obtenção das sub-amostras.  
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



**Figura 7** – Rio Claro – Rio Perequê.  
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



**Figura 8** – Rio do Ouro.  
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



**Figura 9** – Rio Cocanha.  
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



**Figura10** – Boca da Barra.  
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



**Figura 11** – Porto Novo.  
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



**Figura 12** – Camaroeiro.

Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



**Figura 13** – Massaguaçu.

Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

### 5.3 Análise microbiológica do solo

As amostras de solo foram homogeneizadas e 10 g de solo diluídos em 90 mL de solução salina (NaCl, 0,5%), constituindo a diluição  $10^{-1}$ , e agitadas por 30 minutos a 250 rpm. Posteriormente, foram realizadas as diluições seriadas (até  $10^{-6}$ ).

O isolamento dos micro-organismos foi realizado pela técnica de *pour plate* em meio Plate Count Agar (PCA) (APHA, 2004), suplementado com nistantina, para evitar o crescimento de fungos. Dos tubos foram retirados volumes de 0,1 mL e inoculados em placas triplicadas de ágar nutriente e de ágar batata, incubadas a 37°C por 24-48 horas para bactérias e a 28°C por 7 dias para fungos, quando as colônias desenvolvidas foram contadas (HILL; CROSSMAN, 1983).

Para caracterização, os isolados bacterianos foram examinados quanto à morfologia colonial, micromorfológico celular e características bioquímicas (WINN et al., 2008).

#### **5.4 Caracterização de bactérias promotoras do crescimento de plantas**

A capacidade de promover o crescimento de plantas (PGP) dos isolados bacterianos foi avaliada pelas provas *in vitro*. Suspensões bacterianas ( $10 \mu\text{L}$  de  $10^8$  CFU  $\text{mL}^{-1}$ ) de cada isolado foram cultivadas em meio L B a  $28^\circ\text{C}$  com agitação (125 rpm) durante 48 h e usadas como inóculos para experimentos de PGP. Foram realizadas análises da produção de compostos indólicos (CIs), produção de AIA, sideróforos, proteases/celulases e solubilização de fosfato tricálcico; as atividades foram realizadas para todos os isolados bacterianos. Para avaliar a capacidade de crescimento das plantas, foi utilizada a técnica descrita em 4.4.1 a 4.4.6.

##### **5.4.1 Nitrogênio**

Os isolados foram cultivados em meio ágar manitol-extrato de levedura (YMA) para isolamento de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico.

##### **5.4.2 Produção de ácido indol-3-acético (IAA)**

Foi avaliada de acordo com Asghar et al. (2002). As estirpes bacterianas isoladas dos diferentes solos foram cultivadas em caldo B Rei suplementado com  $0,05 \text{ mg mL}^{-1}$  de triptofano. Após 48 h, as culturas bacterianas foram centrifugadas a 10.000 rpm durante 5 min e  $60 \mu\text{L}$  de seus sobrenadantes foram colocados em microplacas para reagir com 40  $\mu\text{L}$  de reagente de Salkowski (2 mL de 0,5 M  $\text{FeCl}_3$  + 98 mL de 35%  $\text{HClO}_4$ ) durante 30 min. A mistura foi deixada no escuro durante 30 min à temperatura ambiente. A visualização de uma cor vermelha na mistura foi considerada um resultado positivo.

#### **5.4.3 Solubilização de fosfato tricálcico**

Foi empregado o método descrito por Souchie, Abboud e Caproni (2007). As bactérias foram crescidas em caldo glucose-levedura (GY), contendo 10 g de glucose, 2 g de extracto de levedura e 15 g de ágar por litro. Duas outras soluções foram preparadas em separado, uma contendo 5 g de  $K_2HPO_4$  em 50 ml de água destilada, e a outra contendo 10 g de  $CaCl_2$  em 100 ml de água destilada. Essas soluções foram adicionadas a um litro de meio GY apenas antes de ser vertida em placas de Petri, formando fosfato de cálcio insolúvel, o qual tornou o meio de cultura opaco. Isolados bacterianos previamente cultivados em caldo foram retirados NFb (10 mL por cultura), inoculados em placas GY e incubados durante sete dias a 28°C. Esses isolados, que formam halos de compensação visíveis em torno de suas colônias, foram consideradas solubilizadores de fosfato.

#### **5.4.4 Produção de sideróforos**

Foi realizada utilizando meio Rei B (GLICKMANN; DESSAUX, 1995) sem triptofano. Os isolados foram inoculados em placas de ágar de cromo azurol S e incubados a 28°C durante 48-72 h. Desenvolvimento de um halo amarelo, laranja ou violeta em torno da colônia bacteriana foi considerado positivo para a produção de sideróforos (PONTES et al., 2015).

#### **5.4.5 Produção de protease**

Foi utilizado ágar leite desnatado. As células bacterianas foram inoculadas e incubadas durante 2 dias a 28°C, quando a atividade proteolítica foi identificada pela formação de zona clara em torno da colônia (SURESH et al., 2010).

#### **5.4.6 Produção de celulase**

As bactérias isoladas foram inoculadas individualmente em placas contendo ágar CMC e incubadas durante 48 horas. As placas foram inundadas com 0,1% de vermelho Congo durante 20 minutos e lavadas com NaCl 1M por 15 minutos. A zona

clara formada pelos isolados foi indicador da atividade de celulase (LISDIYANTI et al., 2012).

### **5.5 Avaliação estatística dos resultados**

Os dados foram analisados utilizando o programa estatístico SPSS versão 12.0 SPSS, executando testes de normalidade e análises de variância (ANOVA) para determinar se existiam diferenças significativas. Foi utilizado um nível de significância de  $P < 0,05$ .

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à concentração de Gram negativas, Gram positivas e fungos isolados de diferentes solos de quatro regiões do município de Caraguatatuba, SP, em áreas de Mata Atlântica, mata ciliar, restinga e área sem vegetação, são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2:** Concentração de bactérias Gram negativas, Gram positivas e fungos isolados de diferentes solos do Município de Caraguatatuba – SP

Região de amostragem	Área de amostragem	Bactérias Gram (-)*	Micro-organismos	
			Bactérias Gram (+)	Fungos
<b>Rio Claro</b>	Mata Atlântica	$1,9 \times 10^{10**}$	$1,4 \times 10^8$	$4,0 \times 10^7$
	Sem vegetação	$1,3 \times 10^5$	$1,1 \times 10^3$	$1,0 \times 10^2$
	Mata ciliar	$1,6 \times 10^8$	$1,2 \times 10^8$	$5,7 \times 10^6$
	Restinga	$6,5 \times 10^6$	$5,3 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
<b>Porto Novo</b>	Mata Atlântica	$4,5 \times 10^9$	$2,3 \times 10^6$	$5,5 \times 10^6$
	Sem vegetação	$3,5 \times 10^3$	$4,2 \times 10^2$	0,0
	Mata ciliar	$1,3 \times 10^{10}$	$7,5 \times 10^8$	$7,8 \times 10^7$
	Restinga	$1,5 \times 10^8$	$0,8 \times 10^8$	$3,5 \times 10^5$
<b>Rio do Ouro</b>	Mata Atlântica	$3,9 \times 10^{10}$	$1,3 \times 10^7$	$1,4 \times 10^6$
	Sem vegetação	$1,5 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$
	Mata ciliar	$1,8 \times 10^9$	$1,8 \times 10^7$	$2,9 \times 10^6$
	Restinga	$5,4 \times 10^7$	$5,4 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$
<b>Massaguaçu</b>	Mata Atlântica	$1,6 \times 10^8$	$1,0 \times 10^8$	$2,2 \times 10^6$
	Sem vegetação	$2,8 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$	$2,6 \times 10^3$
	Mata ciliar	$2,8 \times 10^9$	$3,1 \times 10^7$	$2,6 \times 10^6$
	Restinga	$2,9 \times 10^8$	$3,3 \times 10^7$	$2,5 \times 10^4$

\*UFC  $100g^{-1}$  (Unidades formadoras de colônias)

\*\* Valores médios de UFC

Fonte: A autora, 2016. (Dados da pesquisa)

Verificaram-se diferenças significativas de isolamentos ( $P > 0,05$ ) nas diferentes áreas de amostragens. A carga microbiana dos solos de Mata Atlântica, de mata ciliar e de restinga foi superior à obtida em solo sem vegetação, o que pode estar diretamente relacionado com a preservação desses nichos ecológicos, demonstrando

que a sobrevivência dos micro-organismos depende da qualidade e do manejo do solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Silveira, Melloni e Carvalho (2006) em estudos realizados em solos degradados e não degradados. Esses autores verificaram que, em solos não degradados, o número de micro-organismos foi superior àquele obtido em amostras de solo provenientes de áreas degradadas. De acordo com Lima, Pereira e Moreira (2005), a intensificação da interferência antropogênica resulta na perda e alteração da diversidade acima e abaixo do solo e pode, conseqüentemente, influenciar os processos biológicos importantes para um bom funcionamento do ecossistema. Muitos desses micro-organismos são produtores de substâncias que promovem o crescimento de plantas (PGPR).

A Tabela 3 mostra a capacidade dos isolados na fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN), de solubilização de fosfatos (SP), de produção de ácido indol acético (AIA), de produção de proteases, de produção de celulase e de produção de sideróforos.

**Tabela 3:** Porcentagem de isolados com capacidade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN), de solubilização de fosfatos (SP), de produção de ácido indol acético (AIA), de produção de proteases, de produção de celulase e de produção de sideróforos

Região de amostragem	Área de amostragem	Características dos isolados bacterianos					
		FBN	SP	AIA	Protease	Celulase	Sideróforos
Rio Claro	Mata Atlântica	20,0*	12,0	2,2	1,5	2,1	12,0
	Sem vegetação	4,0	3,0	0,5	0,5	0,6	8,0
	Mata ciliar	14,0	10,0	3,0	2,1	3,4	3,6
	Restinga	6,0	8,0	1,2	3,6	0,5	6,2
Porto Novo	Mata Atlântica	21,0	20,0	6,0	1,0	3,3	8,0
	Sem vegetação	2,5	5,0	0,5	2,5	0,5	7,5
	Mata ciliar	12,0	12,0	10,0	5,0	2,5	2,5
	Restinga	15,0	9,0	5,5	1,5	2,5	5,5
Rio do Ouro	Mata Atlântica	22,0	16,0	5,0	1,5	4,5	7,5
	Sem vegetação	4,5	5,5	1,5	1,7	0,5	2,5
	Mata ciliar	15,0	14,5	8,0	2,5	5,5	4,5
	Restinga	8,5	10,5	5,5	2,5	2,5	0,5
Massaguaçu	Mata Atlântica	16,0	15,0	2,5	4,5	5,5	4,5
	Sem vegetação	4,5	8,0	0,5	2,5	0,5	1,8
	Mata ciliar	20,0	21,0	5,0	1,5	5,5	8,5
	Restinga	15,0	15,0	5,5	4,8	6,5	3,6

FBN: fixação biológica do nitrogênio; SP: solubilização de fosfato, AIA: ácido indol acético.

\*Porcentagem de isolados.

Fonte: A autora, 2016. (Dados da pesquisa)

Pela Tabela 3, verificou-se a presença de bactérias potencialmente promotoras de crescimento em todos os solos avaliados, no entanto foram constatadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os isolados das diferentes regiões e áreas de amostragens.

Segundo Sureshbabu, Amaresan e Kumar (2016), o mecanismo pelo qual as bactérias promotoras do crescimento de plantas (PGPR) aumentam o desempenho das culturas não é bem compreendido. Existem vários inoculantes PGPR atualmente comercializados que parecem promover o crescimento por meio de pelo menos um mecanismo: supressão de doenças das plantas (denominados "bioprotetores"), produção de fito-hormônios (denominados "bioestimulantes"), ou uma melhoria de aquisição de nutrientes (denominados "biofertilizantes").

Biofertilizante é um material contendo micro-organismos que são adicionados ao solo para produzir direta ou indiretamente determinados elementos essenciais à nutrição das plantas por meio da síntese de substâncias promotoras do crescimento ou mediante o aumentando da decomposição de resíduos. Várias fontes de biofertilizantes incluem bactérias fixadoras de nitrogênio, bactérias fitoestimuladoras, bactérias solubilizadoras de fósforo, rizobactérias promotoras do crescimento, entre outras. Nas últimas décadas, tem-se alcançado um considerável progresso na avaliação dessas tecnologias e desenvolvimento de métodos de aplicação desses biofertilizantes (AFZAL; ASGHARI, 2008).

O fósforo é o segundo nutriente mineral, depois do nitrogênio, que mais comumente limita o crescimento das plantas. O fósforo (P) é um dos principais macronutrientes essenciais às plantas e é aplicado ao solo sob a forma de fertilizantes fosfatados. No entanto, uma grande parte de fósforo inorgânico solúvel aplicado ao solo como fertilizante químico é imobilizado rapidamente e torna-se disponível para as plantas. As bactérias com capacidade de solubilização de fósforo (PSB) são o grupo de PGPR comum na rizosfera. As PGPRs que secretam ácidos orgânicos e fosfatases para solubilizar fósforo insolúvel para as formas solúveis são comuns nesse grupo.

A população de micro-organismos solubilizantes de P inorgânico é muito baixa, inferior a  $10^2$  CFU  $g^{-1}$  solo (CHAKRABORTY; CHAKRABORTY, BASNET, 2006; AFZAL; ASGHARI, 2008).

O ácido indol acético (AIA) é a principal auxina nas plantas. Este fito-hormônio controla muitos processos fisiológicos importantes, incluindo o alargamento e a

divisão celular, diferenciação tecidual e as respostas à luz e à gravidade. Bactérias produtoras de AIA têm o potencial de interferir com qualquer um desses processos, introduzindo o hormônio para a planta (KARNWAL, 2009). As estirpes bacterianas que produzem diferentes enzimas hidrolíticas tais como protease, lipase, pectinase, amilase, também inibem o crescimento de fungos patogênicos (SURESHBABU, AMARESAN; KUMAR, 2016).

A produção sideróforos favorece as bactérias a competirem com patógenos através da remoção de ferro do meio ambiente (PERSELLO-CARTIEAUX; NUSSAUME; ROBAGLIA, 2003). Embora vários sideróforos bacterianos difiram quanto às suas habilidades para sequestrar ferro, em geral, privam fungos patogênicos deste elemento essencial ao agirem como biocontroladores do crescimento de fitopatógenos (GANGWAR; KAUR, 2009). Vários exemplos de aumento da captação de  $Fe^{2+}$  em plantas com estimulação concomitante do crescimento das plantas, como resultado de inoculações PGPB, foram relatados (CARRILLO-CASTAÑEDA et al., 2002; BARZANTI et al., 2007). Os sideróforos também podem promover a síntese de IAA bacteriana pela redução dos efeitos prejudiciais de metais pesados por meio de reação de quelação (DIMKPA et al., 2008).

Na tabela 4, estão apresentados os dados referentes à análise química do solo dos diferentes pontos de amostragens. Verificaram-se diferenças entre os solos de Mata Atlântica, mata ciliar, sem mata e restinga, assim como das região de amostragens; estes resultados permitiram determinar a qualidade dos solos avaliados.

Uma ampla gama de propriedades do solo foi proposta como indicadores úteis para determinar a qualidade do solo. Entre essas propriedades, a matéria orgânica do solo (MOS) tem sido sugerida como o mais importante indicador de qualidade do solo, uma vez que afeta outras propriedades: físicas, químicas e biológicas relacionadas com a qualidade do solo (SCHLOTTER; DILLY; MUNCH, 2003).

No entanto, as modificações da MOS ocorrem lentamente e, portanto, requerem longos períodos de tempo antes de ser detectável experimentalmente (KÖRSCHENS, 2006). Por outro lado, a microbiota do solo se adapta rapidamente às mudanças nas condições ambientais ajustando sua biomassa, composição da comunidade e atividade (SCHLOTTER; DILLY; MUNCH, 2003). Portanto, parâmetros microbiológicos e bioquímicos podem manifestar com antecedência as mudanças que

ocorrem nos solos e serem indicadores sensíveis de qualidade do solo (BENDING et al., 2004).

Indicadores relevantes de qualidade biológica do solo são: o carbono da biomassa microbiana (CBM), a atividade e diversidade de fauna e flora do solo, a ausência de patógenos e de parasitas. Uma ótima combinação dessas propriedades favorece a produtividade agrônômica; a eficiência na utilização da água, de nutrientes e de outros insumos; e a sustentabilidade dos sistemas de gestão. Indicadores de qualidade do solo diferem entre os tipos de solos, climas e usos da terra (ANDREWS; CARROLL, 2001; RAY et al., 2014; PAZ-KAGAN et al. 2014).

**Tabela 4:** Resultados da análise química dos solos coletados em diferentes regiões de Caraguatatuba – SP. Regiões: A – Rio Claro; B- Porto Novo; C – Rio do Ouro; D- Massaguaçu - 1 Mata fechada; 2- solo sem mata; 3 – Mata ciliar; 4 - restinga

PONTOS DE COLETA	P mg/dm <sup>3</sup>	MO. g/dm <sup>3</sup>	pH	K mmolc/dm <sup>3</sup>	Ca mmolc/dm <sup>3</sup>	Mg mmolc/dm <sup>3</sup>	H+AL – Ac. Potencialmmolc/dm <sup>3</sup>	AL mmolc/dm <sup>3</sup>	SB soma bases mmolc/dm <sup>3</sup>	CTC capc. de troca catiônica mmolc/dm <sup>3</sup>	V sat de bases - %	Ca %	Mg/CTC – Mg na CTC - %	m sat. Al	B mg/dm <sup>3</sup>	Cu -mg/dm <sup>3</sup>	Fe mg/dm <sup>3</sup>	Mn mg/dm <sup>3</sup>	Zn mg/dm <sup>3</sup>
1A	12	25	4.8	3.5	29	21	34	2	53.5	87.5	61	33	24	4	0.18	0.8	39	15.4	1.5
2A	88	11	6.5	2.5	42	30	10	0	74.5	84.5	88	50	36	0	0.09	0.4	4	5.5	0.3
3A	5	13	4.8	2.5	9	21	20	5	32.5	52.5	62	17	40	13	0.08	0.5	31	25.7	0.5
4A	1	9	6.4	4.4	19	36	9	0	59.4	68.4	87	28	53	0	1.52	0.3	21	14.0	1.2
1B	14	39	5.4	1.6	50	18	28	0	69.6	97.6	14	51	18	0	0.24	0.3	86	8.6	4.3
2B	2	7	5.3	2.0	4	6	13	0	12	25.0	48	16	24	0	0.05	0.1	3	11.7	0.5
3B	77	28	7.0	4.4	294	10	10	0	308.4	318.4	97	92	3	0	0.11	1.4	22	6.6	3.4
4B	14	7	7.3	6.3	127	47	6	0	180.3	186.3	97	68	25	0	1.65	0.1	5	6.5	0.2
1C	15	33	5.1	4.2	43	13	25	1	60.2	85.2	71	50	15	2	0.28	0.6	25	38.2	4.6
2C	16	19	5.9	2.9	68	7	18	0	77.9	95.9	81	71	7	0	0.18	0.9	30	4.3	1.4
3C	16	20	4.7	1.9	15	6	22	3	22.9	44.9	51	33	13	12	0.10	0.8	13	3.3	1.5
4C	13	7	7.5	2.2	61	24	6	0	87.2	93.2	94	65	26	0	0.72	0.5	6	20.2	3.7
1D	19	37	5.1	3.2	52	15	42	1	70.2	112.2	63	46	13	1	0.20	0.3	48	6.7	1.7
2D	24	18	5.0	2.2	15	6	22	1	23.2	45.2	51	33	13	4	0.10	1.9	30	24.5	4.6
3D	9	18	5.2	0.6	22	9	22	0	31.6	53.6	59	41	17	0	0.09	1.0	14	26.9	4.3
4D	16	7	6.4	0.7	3	5	8	0	8.7	16.7	52	18	30	0	0.15	0.2	8	3.8	0.5

Resultados Analíticos – UNESP – Ilha Solteira – Laboratório de Fertilidade do solo – Faculdade de Engenharia – Responsável técnico – Marcelo Andreotti – 29/08/2016

Fonte: A autora, 2016. (Dados da pesquisa)

No presente estudo verificou-se que o solo sem mata da região de Rio Claro e todos os solos de restinga apresentaram escassa matéria orgânica (7,0-9,0 mmolc/dm<sup>3</sup>, Tabela 4), enquanto os solos da Mata Atlântica e da mata ciliar da região de Porto Novo apresentaram maior quantidade de MOS (25 - 39 mmolc/dm<sup>3</sup>) quando comparada aos outros solos. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva Junior, Boechat e Carvalho (2012) em estudo realizado com solo de mata nativa na região norte do Pará. Estes autores verificaram que a matéria orgânica varia de acordo com a profundidade. Segundo Lal (2015), a MOS é considerada um importante motor da agricultura sustentável, porque, além do seu valor como indicador, outros parâmetros são relevantes, tais como a sua distribuição em profundidade, o efeito sobre a qualidade ou atributos do solo (física, química, biológica) e a taxa de rotação ou tempo médio de residência (MRT).

Outros indicadores adequados de qualidade química do solo incluem pH, CTC, disponibilidade de nutrientes, favorável equilíbrio elementar e ausência de qualquer toxicidade ou deficiência (KIMETU et al., 2008). O pH no presente estudo variou de 4,7 a 7,5, sendo que valores entre 4,7 e 5,0, caracterizando os solos como muito ácidos, corresponderam à Mata Atlântica e ciliar da região do Rio Claro, à mata ciliar do Rio Ouro e ao solo sem mata de Massaguaçu. Enquanto a acidez potencial (H+Al) variou entre 6 a 42 mmolc/dm<sup>3</sup>, os valores altos corresponderam a solos da Mata Atlântica e os menores, à restinga (Tabela 4).

Em relação aos teores de P, K, Ca, e Mg, apresentaram diferenças quanto ao tipo de solo e à região estudada (Tabela 4). Verificaram-se, em alguns solos, teores extremamente baixos indicando degradação química do solo, que é caracterizada por acidificação, salinização, esgotamento de nutrientes, reduzida capacidade de troca catiônica (CTC), aumento da toxicidade do Al ou Mn, deficiências de Ca ou Mg, lixiviação de NO<sub>3</sub>-N, deficiência de outros nutrientes essenciais para as plantas ou contaminação por resíduos industriais ou subprodutos. A degradação biológica do solo reflete o esgotamento da reserva de carbono orgânico e perda da biodiversidade do solo, bem assim aumento de gases de efeito estufa (GEE) do solo para a atmosfera (KIMETU et al., 2008; LAL, 2015).

## 7. CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos e a metodologia empregada, pode-se concluir que:

- Os solos da Mata Atlântica, da mata ciliar e de restinga apresentaram concentrações elevadas de bactérias Gram positivas, Gram negativas e de fungos, enquanto o solo sem vegetação apresentou concentração microbiana menor interferindo na produtividade deste solo, mas com indícios de que este pode ser recuperado se houver medidas intensificadas de reflorestamento na região, antes que o mesmo perca por completo seus nutrientes.

Todos os solos apresentaram bactérias potencialmente promotoras de crescimento de plantas, com capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico e solubilizar fosfatos, produzir ácido indol acético, proteases, celulasas e sideróforos;

- Por se tratar de um trabalho inédito na região e não se encontrarem publicações de índices de qualidade do solo de Caraguatatuba, acredita-se seja de grande valia para estudantes da área nas universidades próximas da região e da cidade.

## REFERÊNCIAS

- AFZAL, A.; ASGHARI, B. *Rhizobium* and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat. **Internat. J. Agricult. Biol.**, v. 10, p. 85-88, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.12691/ajmr-2-2-4>>. Acesso em: 14 abr. 2016.
- AHEMAD, M.; KHAN, M. S. Toxicity assessment of herbicides quizalafop - p- ethyl and clodinafop towards *Rhizobium* pea symbiosis. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 82, p. 761–766, 2009.
- \_\_\_\_\_. Effect of tebuconazole-tolerant and plant growth promoting *Rhizobium* isolate MRP1 on pea–*Rhizobium* symbiosis. **Scientia horticul.**, v. 129, n. 2, p. 266-272, June 10, 2011. doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.036.
- \_\_\_\_\_. Effect of fungicides on plant growth promoting activities of phosphate solubilizing *Pseudomonas putida* isolated from mustard (*Brassica compestris*) rhizosphere. **Chemosphere**, v. 86, n. 9, p. 945–50, Mar. 2012a.
- \_\_\_\_\_. Ecological assessment of biotoxicity of pesticides towards plant growth promoting activities of pea (*Pisum sativum*)-specific *Rhizobium* sp. strain MRP1. **Emir. J. Food Agric.**, v. 24, n. 4, p. 334–343, 2012b.
- ANDERSON, T. H. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. **Agr. Ecosyst. Environ.** v. 98, n. 1-3, p. 285-293, Sept. 2003.
- ANDREWS, S. S.; CARROLL, C. R. Designing a soil quality assessment tool for sustainable agroecosystems management. **Ecol. Appl.** v. 11, p. 1573–1585, 2001.
- APHA – American Public Health Association. **Standard methods for the microbiological examination of foods**. Washington : American Public Health Association, 2004. p. 83-85.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, July/Sept. 2007.
- ASGHAR, H. N. et al. Relationship between in vitro production of auxin by rhizobacteria and their growth-promoting activities in *Brassica juncea* L. **Biol. Fert; Soils**, v. 35, n. 4, p. 231-237, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00374-002-0462-8>>. Acesso em: 17 maio 2016.
- BARZANTI, R. et al. Isolation and characterization of endophytic bacteria from the nickel hyperaccumulator plant *Alyssum bertolonii*. **Microb; Ecol.**, v. 53, n. 2, p.306-316, Feb. 2007. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17264998>>. Acesso em: 17 maio 2016.
- BENDING, G.D. et al. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. **Soil Biol. Biochem.**, v. 36, p. 1785-1792, 2004. Disponível em:

<[http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/lifesci/research/soilmicrobialdiversity/mycorrhizaldiversity/\\_bending\\_et\\_al\\_sbb\\_2004.pdf](http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/lifesci/research/soilmicrobialdiversity/mycorrhizaldiversity/_bending_et_al_sbb_2004.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2016.

BLOEMBERG, G. V.; LUGTENBERG, B. J. J. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. **Curr Opin Plant Biol.**, v. 4, n. 4, p. 343-50, 2001 Aug. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11418345>>. Acesso em: 02 abr. 2016.

BRASIL. Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, de 13.2.1998 e retificado em 17.02.1998 [on line]. Brasília : Planalto, 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm)>. Acesso em: 13 maio 2016.

BROWN, G.G. **Biodiversity and function of soil animals in Brazilian agroforestry systems**. Bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos dos Goytacazes, RJ : Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), 2006. p. 217-242.

BUÉE, M. et al. Soil niche effect on species diversity and catabolic activities in an ectomycorrhizal fungal community. **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 39, n. 8, p. 1947-1955, 2007 Aug.

CARDOSO, J. A. F. **Atributos químicos e físicos do solo e matéria orgânica do solo sob mangueira irrigada e caatinga nativa na região do Vale do Submédio São Francisco**. 2014. 77 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do São Francisco, Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Juazeiro, BA, 2014. Disponível em: <<http://www.univasf.edu.br/~cpgea/files/teses/52.pdf>> Acesso em: 13 maio 2016.

CARRILLO-CASTAÑEDA, G. et al. Alfalfa growth promotion by bacteria grown under iron limiting conditions. **Adv. Envir. Res.**, v. 6, n. 3, p. 391-399, 2002.

CHAKRABORTY, U.; CHAKRABORTY, B.; BASNET, M. Plant growth promotion and induction of resistance in *Camellia sinensis* by *Bacillus megaterium*. **J. Basic Microbiol.**, v. 46, n. 3, p.186-95, 2006.

CHAVES, A. Importância da mata ciliar (legislação) na proteção dos cursos hídricos, alternativas para sua viabilização em pequenas propriedades rurais. SEMINÁRIO “MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO”. **Anais...** Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, nov. 2009. 19 p. Disponível em: <[http://www.sertao.ifrs.edu.br/site/midias/arquivos/20091114104033296revisao\\_m...pdf](http://www.sertao.ifrs.edu.br/site/midias/arquivos/20091114104033296revisao_m...pdf)>. Acesso em: 19 maio 2016.

CIDE – Centro de Informações e Dados do Estado do Rio de Janeiro. **Índice de qualidade dos municípios-verde**. Rio de Janeiro, 2000. 6 p. Disponível em: <[http://clintonjenkins.org/docs/Jenkins\\_2003\\_port.pdf](http://clintonjenkins.org/docs/Jenkins_2003_port.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2016.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Mapa da Mata Atlântica. As diferentes matas da Mata Atlântica [on line]. [s.l.] : Diálogo Florestal, 1992.

Disponível em: <<http://www.dialogoflorestal.org.br/biomas/mata-atlantica/mapa-da-mata-atlantica>>. Acesso em: 22 maio 2016.

\_\_\_\_\_. Resolução n. 07, de 23 de julho de 1996. Aprova os parâmetros básicos para análise da vegetação de restinga no Estado de São Paulo. **Resoluções do Conama**, Biomas – Estágios sucessionais da vegetação de restinga. [s.l.] : CONAMA, 1996. p. 218-230. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_1996\\_007.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1996_007.pdf)>. Acesso em: 24 maio 2016.

CONTI, J. B. Resgatando a fisiologia da paisagem. **Rev Dep. Geog.**, Universidade de São Paulo, São Paulo, v. 14, p. 59-68, 2001.

CORÁ, Mariana Jundurian. **Impactos do pré-sal no uso da ocupação do solo de Caraguatuba – SP**. 2013. 118 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Territorial Urbano) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2013. Disponível em: <[file:///D:/User/Downloads/MARIANA\\_CORA DISS.pdf](file:///D:/User/Downloads/MARIANA_CORA DISS.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2016.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre : Genesis, 1999. p. 197-225.

COSTA, P. B. et al. A model to explain plant growth promotion traits: a multivariate analysis of 2,211 bacterial isolates. **PLoS One**, v. 9, n. 12, p. e116020, 2014 Dec. 26. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0116020>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatuba**. São Paulo : Instituto de Geografia da USP, 1974. 181 p.

DAHER, C. **Ocupações humanas no Parque Estadual da Serra do Mar: análise e espacialização dos autos de infração ambiental no núcleo de Caraguatuba**. 2012. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012. Disponível em: <[file:///D:/User/Downloads/Carolina\\_dos\\_Santos\\_Daher\\_Versao\\_revisada.pdf](file:///D:/User/Downloads/Carolina_dos_Santos_Daher_Versao_revisada.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2016.

DAVIS, S. D. et al. **Plants in danger**. What do we know? Cambridge, UK : IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources), 1986. 520 p.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo : Companhia das Letras, 1995. 484 p.

DIMKPA, C. O. et al. Involvement of siderophores in the reduction of metal-induced inhibition of auxin synthesis in *Streptomyces* spp. **Chemosphere**, v. 74, p. 19-25, 2008.

DORA, J. W.; PARKIN, T. B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Org). **Methods for assessing soil quality**. Madison : SSSA, 1994. p. 3-21.

DUFFY, B. K.; DÉFAGO, G. Environmental factors modulating antibiotic and siderophore biosynthesis by *Pseudomonas fluorescens* biocontrol strains. **Appl Environ Microbiol.**, v. 65, n. p. 2429-2438, 1999. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC91358/>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

FERREIRA, A. C.; DIAS, H. C. Situação atual da mata ciliar do Ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 4, p.617-623, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v28n4/22611.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2016.

GAIO, A. O tipo penal do Artg 38 da Lei nº 9605/98 e a evolução da tutela nas áreas de preservação permanente [*on line*]. Paraná, 2013. Disponível em: <<http://www.gnmp.com.br/publicacao/210/o-tipo-penal-do-artigo-38-da-lei-9-605-98-e-a-evolucao-da-tutela-das-areas-de-preservacao-permanente>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

GANGWAR, M.; KAUR, G. Isolation and characterization of endophytic bacteria from endorhizosphere of sugarcane and ryegrass. **Intel J Microbiol**, v. 7, n. 1, p. 1-5, 2009. Disponível em: <<http://print.ispub.com/api/0/ispub-article/9199>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

GLICKMANN, E.; DESSAUX, Y. A critical examination of the specificity of the Salkowski reagent for indolic compounds produced by phytopathogenic bacteria. **Appl Environ Microbiol.**, v. 61, p.793-796, 1995.

GODINHO, T. O. et al. Fertilidade do solo e nutrientes na serapilheira em fragmento de floresta estacional semidecidual. **ENFLO – Ecol Nutr Flor**, ISSN: 2316-980X. Santa Maria, RS, v. 1, n. 3, p. 97-109, set./dez., 2013. Disponível em: <<http://www.bibliotekevvirtual.org/revistas/ENFLO/v01n03/v01n03a01.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2016.

GOI, S. R.; SOUZA, F. A. Diversidade de micro organismos do solo. **Flor Amb**, v. 13, n. 2, p 46-65, 2006. 20 p. Disponível em: <<http://www.floram.org/files/v13n2/v13n2a5.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2016.

HILL, A.; CROSSMAN, S. M. Characterization of N<sub>2</sub> - fixing bacteria associated with sweet potato roots. **Canadian J Microbiol.**, v. 29, n. 8, p. 860-862, 1983.

HUREK, T. et al. *Azoarcus* grass endophytes contribute fixed nitrogen to the plant in an unculturable state. **MPMI**, v. 15, n. 3, p. 233–242, 2002. Disponível em: <<http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/MPMI.2002.15.3.233>>. Acesso em: 21 maio 2016.

HYNES, R.K. et al. Isolation, selection, and characterization of beneficial rhizobacteria from pea, lentil and chickpea grown in Western Canada. **Can. J. Microbiol.**, n. 54, n. 4, p. 248–58, May 2008. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/5463549\\_Isolation\\_selection\\_and\\_characterization\\_of\\_beneficial\\_rhizobacteria\\_from\\_pea\\_lentil\\_and\\_chickpea\\_grown\\_in\\_western\\_Canada](https://www.researchgate.net/publication/5463549_Isolation_selection_and_characterization_of_beneficial_rhizobacteria_from_pea_lentil_and_chickpea_grown_in_western_Canada)>. Acesso em: 22 abr. 2016.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. INSTITUTO GEOLÓGICO, SEMANA DO MEIO AMBIENTE. **Anais...** São Paulo, SP, 2006.

IVANAUSKAS, N. M.; MONTEIRO, R.; RODRIGUES, R. R. Levantamento florístico de trecho de floresta Atlântica em Pariquera-Açu. **Naturalia**, São Paulo, v. 26, p. 97-129, 2001.

JAHANIAN, A. et al. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (pgpr) on germination and primary growth of artichoke (*Cynara scolymus*). **Intl J Agri Crop Sci.**, v. 4, n. 14, 923-929, 2012. Disponível em: <<http://pakacademicsearch.com/pdf-files/agr/70/923-929.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

JONES, D. L. Organic acids in the rhizosphere. A critical review. **Plant Soil**, n. 205, p. 25-44, 1998. Disponível em: <[http://themodern.farm/studies/David%20L.%20Jones%20--%20Organic%20acids%20in%20the%20rhizosphere%20\\_%20a%20critical%20review.pdf](http://themodern.farm/studies/David%20L.%20Jones%20--%20Organic%20acids%20in%20the%20rhizosphere%20_%20a%20critical%20review.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2016.

KARNWAL, A. Production of indol acetic acid by fluorescent *Pseudomonas* in the presence of L-Tryptophan and rice root exudates. **J Plant Pathol.**, v. 91, n. 1, p. 61-63, 2009. Disponível em: <<http://www.sipav.org/main/jpp/volumes/0109/010905.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; WANI, P. A. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture – a review. **Agron. Sustain. Dev.**, n. 27, p. 29-43, 2006. Disponível em: <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886352/document>>. Acesso em: 14 maio 2016.

KIMETU, J. et al. Reversibility of soil productivity decline with organic matter of differing quality along a degradation gradient. **Ecosystems**, n. 11, p. 726-739, 2008. 14 p. Disponível em: <<http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/Ecosystems%2011,%20726-739,%202008%20Kimetu.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

KLABIN, R. L. L.; PASSOS, P. B. L. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica 2008- 2015**. São Paulo : Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. 61 p.

KLEIN, V. A. Importância da mata ciliar (legislação) na proteção dos cursos hídricos, alternativas para sua viabilização em pequenas propriedades rurais. SEMINÁRIO MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO. **Anais...** Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, nov. 2009. 19 p. Disponível em: <[http://www.sertao.ifrs.edu.br/site/midias/arquivos/20091114104033296revisao\\_m...pdf](http://www.sertao.ifrs.edu.br/site/midias/arquivos/20091114104033296revisao_m...pdf)>. Acesso em: 19 maio 2016.

KLOEPPER, J. W. et al. Plant growth promotion mediated by bacterial rhizosphere colonizers. In: KEISTER, D. L.; CREGAN, P. B. (Eds.). **The rhizosphere and plant Growth**. Dordrecht, Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 315–326.

KÖRSCHENS, M. The importance of long-term field experiments for soil science and environmental research - a review. **Plant Soil Environ.**, v. 52, p. 1-8, 2006 (Special issue). Disponível em: <<http://dipsa.unibo.it/Ealt/english/files/importance.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2016.

KOZDROJ, J.; TREVOS, J. T.; VAN ELSAS, J. D. Influence of introduced potential biocontrol agents on maize seedling growth and bacterial community structure in the rhizosphere. **Soil Biol Bioch.**, v. 36, p.1775-1784. 2004.

LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. **Sustainability**, n. 7, p. 5875-5895, 2015. doi:10.3390/su7055875. Disponível em: <<file:///D:/User/Downloads/sustainability-07-05875.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

LIMA, P. W.; RODRIGUES, R. R. **Cadernos da mata ciliar**. São Paulo : SMA, 2009. 36 p. (Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Departamento de Proteção da Biodiversidade, n. 1). ISSN 1981-6235.

LIMA, S. L.; PEREIRA, J. P. A. R.; MOREIRA, F. M. S. Diversidade fenotípica e eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. de solos da Amazônia. **Pesq Agrop Brasil.**, v. 40, n. 11, p. 1095-1104, nov. 2005.

LINO, Clayton Ferreira; CENCIG, Mário Oscar. **Reserva da biosfera da Mata Atlântica: plano de ação**. São Paulo : Consórcio Mata Atlântica, 1992. v. 1. (Organização: Universidade Estadual de Campinas, Consórcio Mata Atlântica, BR)

LISDIYANTI, P. et al. Isolation and characterization of cellulose produced by cellulolytic bacteria from peat soil of Ogan Komering Ilir, South Sumatera. **Intel J Environ Bioenergy**, v. 3, n. 3, p. 145-153, 2012. Disponível em: <<http://www.ModernScientificPress.com/Journals/IJEE.aspx>>. Acesso em: 13 maio 2016.

MACHADO, P. L. O. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, 2005. ISSN 0100- 4042. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422005000200026](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000200026)>. Acesso em: 15 abr. 2016.

MARANDOLA Jr., Eduardo et al. Crescimento urbano e áreas de risco no litoral norte de São Paulo. **R. Bras. Est. Pop.**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 35-56, jan./jun. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbepop/v30n1/v30n1a03>>. Acesso em: 29 maio 2016.

MATELIN, S.; TORAINE, B. Plant growth-promoting bacteria and nitrate availability: impacts on roots development and nitrate uptake. **J Exp Bot**, v. 55, n. 394, p. 27-34, jan. 2004. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14623902>>. Acesso em: 13 maio 2016.

MAYAK, S.; TIROSH, T.; GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. **Plant Physiol. Biochem**, v. 42, n. 6, p. 565–572, June 2004. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15246071>>. Acesso em: 27 abr. 2016.

MA, Y. et al. Inoculation of Ni-resistant plant growth promoting bacterium *Psychrobacter* sp. strain SRS8 for the improvement of nickel phytoextraction by energy crops. **Int. J. Phytoremediation**, v. 13, n. 2, p. 126–139, 2011a.

\_\_\_\_\_. Inoculation of endophytic bacteria on host and non-host plants-effects on plant growth and Ni uptake. **J. Hazard. Mater**, v. 195, 230–237, Nov. 2011b.

MA, Y.; RAJKUMAR, M.; FREITAS, H. Inoculation of plant growth promoting bacterium *Achromobacter xylosoxidans* strain Ax10 for the improvement of copper phytoextraction by *Brassica juncea*. **J. Environ. Manage**, v. 90, n. 2, p. 831–7, 2009. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18329785>>. Acesso em: 14 maio 2016.

MEDEIROS, João de Deus. APREMAVI – Associação de preservação do meio ambiente e da vida. Mata Atlântica [on line]. [s.l.]: APREMAVI, [2016?]. Disponível em: <[HTTP://www.apremavi.org.br/mata-atlantica](http://www.apremavi.org.br/mata-atlantica)>. Acesso em: 19 out. 2016.

MENDES, I. C. et al. **Bioindicadores para avaliação da qualidade dos solos Tropicais: utopia ou realidade?** Planaltina, DF : EMBRAPA, 2009. 31 p. (Documentos Embrapa Cerrados n. 246)

MISKO, A. L.; GERMIDA, J. J. Taxonomic and functional diversity of *Pseudomonas* isolated from the roots of field-grown canola. **FEMS Microbiol Ecol.**, Canadá, v. 2, n. 3, p. 399-407, Dec. 2002. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19709299>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

MODENESI, M. C. **Rev IG**, Instituto Geológico, São Paulo, SP, v. 30, n. 1/2, 2012. ISSN 0100 – 929X.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras : UFLA, 2006. p. 729.

MORI, S. A. Eastern, extra-amazonian Brazil. In: CAMPBELL, D. G.; HAMMOND, H. D. (Eds). **Floristic inventory of tropical countries**. New York : New York Botanical Garden, 1988. p. 428-454.

MUCHAILH, M. C. **Metodologia de planejamento da paisagem para sustentabilidade ambiental: região centro sul do Paraná**. 2010. 233 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal, Conservação da Natureza) – Universidade Federal do Paraná, Ciências Agrárias, Curitiba, pR, 2010. Disponível em: <[http://www.floresta.ufpr.br/defesas/pdf\\_dr/2010/t297\\_0339-D.pdf](http://www.floresta.ufpr.br/defesas/pdf_dr/2010/t297_0339-D.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2016.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n. 403, p. 853-858, 24 Feb. 2000. Disponível em: <<http://www.nature.com/nature/journal/v403/n6772/full/403853a0.html>>. Acesso em: 03 maio 2016.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forest in South-Eastern Brazil, and the influence of climate. **Biotropica**, Saint Louis, v. 32, n. 4b, p. 793-810, 2000.

PAZ-KAGAN, T. et al. A spectral soil quality index (SSQI) for characterizing soil function in areas of changed land use. **Geoderma**, v. 230-231, p. 171–184, 2014. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.713.2775&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

PERSELLO-CARTIEAUX, F.; NUSSAUME, L.; ROBAGLIA, C. Tales from the underground: molecular plant-rhizobacteria interactions. **Plant Cell Environ.**, v. 26, p. 189-199, 2003. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/263079082\\_Tales\\_from\\_the\\_underground\\_molecular](https://www.researchgate.net/publication/263079082_Tales_from_the_underground_molecular)>. Acesso em: 14 abr. 2016.

PONTES, A. P. et al. Seleção de bactérias promotoras de crescimento vegetal associadas com plantas de cevada (*Hordeum vulgare* L.) cultivadas no Sul do Brasil. **Biota Neotrop.**, Campinas, Epub, v. 15, n. 2, 2015. 8 p. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1676-06032015010514>>. Acesso em: 13 maio 2016.

RAY, S. et al. Soil and land quality indicators of the Indo-Gangetic Plains of India. **Curr Sci.**, v. 107, n. 9, p. 1470–1486, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/268211802\\_Soil\\_and\\_land\\_quality\\_indicators\\_of\\_the\\_Indo-Gangetic\\_Plains\\_of\\_India](https://www.researchgate.net/publication/268211802_Soil_and_land_quality_indicators_of_the_Indo-Gangetic_Plains_of_India)>. Acesso em: 13 maio 2016.

REIS JUNIOR, F. B. et al. Identificação de isolados de *Azospirillum amazonense* associados a *Brachiaria* spp., em diferentes épocas e condições de cultivo e produção de fitormônio pela bactéria. **Rev Brasil Cienc Solo**, v. 28, n. 1, p.103-113, fev. 2004. Disponível em: <<file:///D:/User/Downloads/Reis%20Junior%20et%20al%202004.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2016.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biologi Conserv**, v. 142, n. 6, p. 114-115, June 2009. doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021. Disponível em: <[http://www.leec.eco.br/pdfs/Ribeiro\\_etal2009.pdf](http://www.leec.eco.br/pdfs/Ribeiro_etal2009.pdf)>. Acesso em: 04 maio 2016.

RIZZINI, C. T. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. **Rev Brasil Geog**, n. 25, n. 1, p. 1-64, 1963.

RUSSO, A. et al. Enhanced micropropagation response and biocontrol effect of *Azospirillum brasilense* Sp245 on *Prunus cerasifera* L. clone Mr.S 2/5 plants. **J. Biotechnol.**, v. 134, n. 3-4, p. 312–9, Apr. 2008.

SANTANA, C. A. A. **Estrutura e dinâmica de florestas secundárias de encosta no município do Rio de Janeiro**. 2000. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000..

SÃO PAULO (Estado). **Mata Atlântica: um projeto de conservação**. SEMANA DO MEIO AMBIENTE, Governo do Estado de São Paulo, 1998. 71 p.

\_\_\_\_\_. **Manejo do Parque estadual da Serra do Mar**, São Paulo : SMS/Instituto Florestal., 2006. 16 p. Disponível em:  
<[http://www.iflorestal.sp.gov.br/Plano\\_de\\_manejo/PE\\_SERRA\\_MAR/Plano\\_de\\_Manejo\\_Pe\\_Serra\\_do\\_Mar.pdf](http://www.iflorestal.sp.gov.br/Plano_de_manejo/PE_SERRA_MAR/Plano_de_Manejo_Pe_Serra_do_Mar.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2016.

SCHLINDWEIN, G. et al. Influência da inoculação de rizóbios sobre a germinação e o vigor de plântulas de alface. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 38, n.3, p. 658-664, May/June 2008. Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782008000300010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000300010)>. Acesso em: 23 maio 2016.

SCHLOTTER, M.; DILLY, O.; MUNCH, J.C. Indicators for evaluating soil quality. **Agr. Ecosyst. Environ.**, v. 98, p. 255-262, 2003. Disponível em:  
<<http://dzumervis.nic.in/Microbes%20and%20Metals%20Interaction/pdf/Indicators%20for%20evaluating%20soil%20quality.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2016.

SHARMA, K. et al. Evaluation of long-term soil management practices using key indicators and soil quality indices in a semi-arid tropical Alfisol. **Aust. J. Soil Res.**, v. 46, n. 4, p. 368-377, Jan. 2008. Disponível em:  
<[https://www.researchgate.net/publication/228666584\\_Evaluation\\_of\\_long-term\\_soil\\_management\\_practices\\_using\\_key\\_indicators\\_and\\_soil\\_quality\\_indices\\_in\\_a\\_semi-arid\\_tropical\\_Alfisol](https://www.researchgate.net/publication/228666584_Evaluation_of_long-term_soil_management_practices_using_key_indicators_and_soil_quality_indices_in_a_semi-arid_tropical_Alfisol)>. Acesso em: 13 jun. 2016.

SILVA JUNIOR, C. A.; BOECHAT, C. L.; CARVALHO, L. A. Atributos químicos do solo sob conversão de floresta amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará. **Brasil. Bioscienc J.**, v. 28, n. 4, p. 566-572, 2012.

SILVEIRA, R. B.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P. Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores de recuperação das áreas degradadas, em Itajubá/MG. **Rev Cerne**, Universidade Federal de Lavras, v. 12, n. 1, p. 48-55, jan./mar. 2006. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/744/74412106.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2016.

SOUCHIE, E. L.; ABOUD, A. C. S.; CAPRONI, A. L. Solubilizadores de fosfato *in vitro* por microrganismos rizosféricos de Guandu. **Biosc J**, v. 23, n. 2, p. 53-60, abr. 2007. Disponível em:  
<[https://www.researchgate.net/publication/282914589\\_SOLUBILIZACAO\\_DE\\_FOSFATO\\_IN\\_VITRO\\_POR\\_MICRORGANISMOS\\_RIZOSFERICOS\\_DE\\_GUANDU](https://www.researchgate.net/publication/282914589_SOLUBILIZACAO_DE_FOSFATO_IN_VITRO_POR_MICRORGANISMOS_RIZOSFERICOS_DE_GUANDU)>. Acesso em: 14 abr. 2016.

SOUZA, Cyntia Neves. **Diversidade de fungos do solo de Mata Atlântica**. 2010. 66 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

SOUZA, C. R. de G. Mapeamento de compartimentos fisiográficos de planície costeira e baixa encosta e da vegetação associada, no Litoral Norte de São Paulo. VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2006. **Anais...** São Paulo, Litoral Norte, 2006. 11 p.

SOUZA, C. R. de G; LUNA, C. G. Variação da linha de costa e balanço sedimentar de longo período em praias sob risco muito alto de erosão do município de Caraguatatuba (Litoral Norte de São Paulo – Brasil). **Rev Gestão Cost Integr.**, v. 10, n. 2, p. 179-199, 2010.

SOUZA, R.; AMBROSINI, A.; PASSAGLIA, L. M. P. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. **Genetics Mol Biol.**, v. 38, n. 4, p. 401-419, 2015.

SURESH, A. et al. Plant growth promoting activities of fluorescent pseudomonads associated with some crop plants. **African J Microbiol Res.**, v. 4, n. 14, p. 1491-1494, 2010. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/ajm>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

SURESHBABU, K.; AMARESAN, N.; KUMAR, K. Amazing multiple function properties of plant growth promoting rhizobacteria in the rhizosphere soil. **Intel J Current Microbiol Appl Sci.**, v. 5, n. 2, p. 661-683, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2016.502.074>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

SWIFT, M. J.; BIGNELL, D. (Eds.). **Standard methods for the assessment of soil biodiversity and land use practice: alternatives for the slash and burn project.** Bogor : ASB/ICRAF, 2001. 34 p.

TANK, N.; SARAF, M. Salinity-resistant plant growth promoting rhizobacteria ameliorates sodium chloride stress on tomato plants. **J. Plant Interact.**, n. 5, p. 51-58, 2010.

TEIXEIRA, Leonardo Ribeiro et al. Megaprojetos no Litoral Norte de São Paulo: uma análise integrada. In: 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO, São Paulo, Associação Brasileira de Avaliação de Impacto (ABAI). **Anais...** São Paulo : ABAI, 2012. Disponível em: <[http://avaliacaodeimpacto.org.br/wp-content/uploads/2012/10/031\\_megaprojetos.pdf](http://avaliacaodeimpacto.org.br/wp-content/uploads/2012/10/031_megaprojetos.pdf)>. Acesso em: 13 maio 2016.

TIAN, F. et al. Genetic diversity of siderophore-producing bacteria of tobacco rhizosphere. **Braz. J. Microbiol.**, v. 40, n. 2, p. 276–284, Apr.-June 2009. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3769708/>>. Acesso em: 22 maio 2016.

VERMA, A. et al. In vitro production of plant growth regulators (PGRs) by *Azorobacter chroococcum*. **Indian J. Microbiol.**, v. 41, p. 305–307, Dec. 2001.

WALKER, T.S. et al. Root exudation and rhizosphere biology. **Plant Physiol.**, v. 132, n.1, p. 44–51, May 2003. Disponível em: <<http://www.plantphysiol.org/content/132/1/44.full>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

WANI, P. A.; KHAN, M.S. Bacillus species enhance growth parameters of chickpea (*Cicerarietinum* L.) in chromium stressed soils. **Food Chem. Toxicol.**, v. 48, n. 11, p. 3262–3267, Nov. 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20813149>>. Acesso em 15 jun. 2016.

WINN, W. et al. **Koneman**: Diagnóstico microbiológico, texto e atlas colorido. 6. ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 2008. 1760 p.

ZIPPARRO, V. B. **Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em área de Floresta Atlântica no Parque Estadual Intervales - Base Saibadela, Sete Barras, SP**. 2004. 235 p. Tese (Doutorado em Biociências) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Rio Claro, 2004.