



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MATO GROSSO**

CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA

DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

PAULO HENRIQUE TAQUES MAIA

**UTILIZAÇÃO DE RIZÓBIOS COMO MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS**

**Cuiabá – MT
2017**



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MATO GROSSO**

CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA

**DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

PAULO HENRIQUE TAQUES MAIA

**UTILIZAÇÃO DE RIZÓBIOS COMO MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso, Campus Cuiabá - Bela Vista, para obtenção de título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Professor Me. João Maia

**Cuiabá – MT
dezembro de 2017**

**Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus
Cuiabá Bela Vista
Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra**

M217u

Maia, Paulo Henrique Taques.

Utilização de rizóbios como minimização dos impactos ambientais. /
Paulo Henrique Taques Maia. _ Cuiabá, 2017.
31f.

Orientador: Prof. Me. João Maia

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)_ Instituto Federal de
Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Campus Cuiabá – Bela
Vista. Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental.

1. Diazotróficos – TCC. 2. Impacto ambiental –TCC. 3. Biofertilizantes
– TCC. I. Maia, João.II. Título.

IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA CDU 504.03:631.8
CDD 363.731

PAULO HENRIQUE TAQUES MAIA

**UTILIZAÇÃO DE RIZÓBIOS COMO MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso Superior em Tecnologia em Gestão Ambiental, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores convidados e do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

Aprovado em 30 de novembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA



ORIENTADOR(A)

Me. João Maia

Professor Orientador – IFMT



EXAMINADOR (A)

Dr. Edgar Nascimento

Professor Convidado - IFMT



EXAMINADOR (A)

Dr. Dorival Pereira Borges da Costa

Professor Convidado – IFMT

**Cuiabá – MT
Dezembro de 2017**

DEDICATÓRIAS

Agradeço à minha namorada, presença amorosa, Ana, pelo companheirismo e cumplicidade em todos os momentos desta jornada. Obrigado pela ajuda, pelo estímulo e o abraço sempre disponível, pela compreensão mesmo no silêncio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores do IFMT – campus Bela Vista que permitiu e deu-me condições de seguir livremente em busca de minha destinação. Mostrou-me que o compromisso com a profissão só existe quando há crença em dias melhores, e que amizade e confiança são os elos que fazem verdadeiros amigos.

RESUMO

O desenvolvimento industrial, agropecuário e econômico é devido aos inúmeros processos e fenômenos biológicos, físicos e químicos envolvidos têm levado a degradação do ambiente. A perda de diversidade de microrganismos do solo, principalmente dos diazotróficos, pode alterar a estrutura populacional de outros organismos situados ao longo da cadeia trófica. Os microrganismos diazotróficos compreendem ampla gama de microrganismos procariotos, incluindo representantes de arqueobactérias, cianobactérias, bactérias gram-positivas e gram negativas que apresentam grande diversidade. A maior atividade biológica é concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 0 a 30 cm. As bactérias fixadoras de nitrogênio participam de vários processos fisiológicos dos vegetais aumentando-se o seu sistema radicular possuindo-se assim a absorção de sais minerais, água e determinados hormônios produzidos pelas bactérias e como consequência aumentando-se a sua vitalidade e assim a sua capacidade de crescimento, de reprodução e de recobrir áreas rapidamente áreas anteriormente deteriorada. As plantas não são capazes de crescer e muito menos de se desenvolver sem o auxílio dos microrganismos. Além disto, o uso desses biofertilizantes também pode diminuir e até mesmo solucionar o impacto ambiental causado no campo e nos lençóis freáticos gerado pelo uso abusivo de adubo nitrogenado industrializado. Os microrganismos podem ser utilizados como sensíveis bioindicadores da qualidade do solo e são influenciados pelos fatores bióticos e abióticos além de realizarem diversas funções essenciais para o funcionamento do solo, tais como: decomposição da matéria orgânica; liberação de nutrientes em formas disponíveis às plantas; e degradação de substâncias tóxicas.

Palavras-chave: Diazotróficos, Impacto ambiental, biofertilizantes.

ABSTRACT

The industrial, agricultural and economic development is due to the innumerable processes and biological, physical and chemical phenomena involved have led to the degradation of the environment. The loss of diversity of soil microorganisms, especially diazotrophs, can alter the population structure of other organisms located along the trophic chain. Diazotrophic microorganisms comprise a broad range of prokaryotic microorganisms, including representatives of archeobacteria, cyanobacteria, gram-positive and gram-negative bacteria that exhibit great diversity. The highest biological activity is concentrated in the first layers of the soil, in the depth between 0 and 30 cm. Nitrogen-fixing bacteria participate in various physiological processes of plants by increasing their root system, thus possessing the absorption of minerals, water and certain hormones produced by the bacteria and as a consequence increasing their vitality and thus their capacity growth, reproduction and covering areas rapidly deteriorated areas previously deteriorated. Plants are not able to grow, much less develop without the help of microorganisms. In addition, the use of these biofertilizers can also reduce and even resolve the environmental impact caused in the field and in the groundwater generated by the abusive use of industrialized nitrogen fertilizer. The microorganisms can be used as sensitive bioindicators of soil quality and are influenced by biotic and abiotic factors besides performing several functions essential for soil functioning, such as: decomposition of organic matter; release of nutrients in forms available to plants; and degradation of toxic substances.

Keywords: Diazotrophic, Environmental impact, biofertilizers.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
2. METODOLOGIA	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

A presença da vida e da biodiversidade está diretamente ligada à composição do solo que funciona como o alicerce da vida, pois é um componente essencial para a manutenção da sustentabilidade dos ecossistemas.

Entre os constituintes do solo, como a composição química, está a microbiota formada por milhares de espécies de microrganismos que atuam sobre a matéria orgânica e inorgânica do solo, no desenvolvimento contínuo de processos bioquímicos de transformação como a decomposição de matéria orgânica, fixação de substâncias inorgânicas, a síntese de compostos orgânicos e a reciclagem da matéria. Neste meio ocorrem diversos processos que são mediados por microrganismos do solo desempenhando papel importante na ciclagem de nutrientes e a energia necessária para a vida dos organismos. Uma das funções que vem recebendo enorme destaque é a capacidade do solo em estocar elementos químicos como o carbono, nitrogênio, fósforo e outros componentes para a composição da matéria orgânica.

Na ausência de determinados elementos químicos e ou de determinados microrganismos torna-se difícil ou inviável a sobrevivência dos seres produtores que é à base de sustentação de todo o ecossistema e se em caso em quantidade insuficiente para aquele determinado bioma é necessário a interferência do homem na correção através de processo artificial ou através de processos mais modernos como a da biotecnologia.

A perda de diversidade de microrganismos do solo, principalmente dos diazotróficos, pode alterar a estrutura populacional de outros organismos situados ao longo da cadeia trófica. Processos vitais do solo como a decomposição de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, podem sofrer impactos levando o sistema agrícola à maior dependência por fertilizantes.

As bactérias fixadoras de nitrogênio e os fungos micorrízicos arbusculares se apresentam como boa opção para a diminuição de fertilizantes, que trazem um alto custo para o produtor e podem ter impactos ambientais na área trabalhada.

Um desses processos é a fixação biológica de nitrogênio atmosférico, que é realizada por microrganismos procarióticos conhecidos como diazotróficos. Os diazotróficos podem ser de vida livre, estar associado às espécies vegetais ou, ainda, estabelecer simbiose com leguminosas. Os estudos com bactérias diazotróficas são de grande importância, devido à contribuição destas para o fornecimento de nitrogênio a diversos ecossistemas, natural ou manejado.

Segundo Moreira & Siqueira (2006), os diazotróficos compreendem ampla gama de microrganismos procariotos, incluindo representantes de arqueobactérias, cianobactérias, bactérias gram-positivas e gram negativas que apresentam grande diversidade morfológica, fisiológica, genética e filogenética. Tal diversidade garante não só a resiliência dos processos que mediam em um determinado ecossistema, como também a ocorrência deste, nos mais diferentes habitats terrestres.

A biomassa microbiana do solo é responsável pela decomposição de resíduos orgânicos depositados pela vegetação e ou de animais no solo de tal modo que controlam as funções-chaves no solo. A atividade microbiológica é utilizada como bioindicadora de qualidade do solo. Os microrganismos ainda possuem outras funcionalidades, como na síntese de hormônios de crescimento associados às plantas e recuperação avançada de petróleo. Eles também auxiliam na fixação de nitrogênio das plantas (bactérias diazotróficas) e no processo de nutrição das plantas (fungos micorrízicos arbusculares).

Entre as vantagens da utilização de microrganismos na agricultura, está a habilidade em fixar nitrogênio; a decomposição de resíduos orgânicos; a desintoxicação de pesticidas; a supressão de doenças de plantas; o fornecimento de nutrientes para o solo e a produção de compostos bioativos, vitaminas e hormônios de crescimento (ALFONSO *et al.*, 2005). Outros benefícios para os vegetais é que as bactérias diazotróficas podem promover o crescimento vegetal tanto pela FBN (Fixação Biológica do Nitrogênio) como pela produção de substâncias que auxiliam o crescimento radicular, como o hormônio Auxinas sendo um dos seus representantes está o ácido indol acético conhecido como AIA, entre outros. Assim, as bactérias diazotróficas associativas são consideradas rizobactérias promotoras do crescimento vegetal

(RPCV); e assumem papel importante na interação com raízes de plantas e ciclagem de nutrientes, entre outros.

Espécies de bactérias diazotróficas associativas têm sido isoladas de raízes e partes aéreas de espécies de importância agrícola como: gramíneas e palmeiras, orquidáceas, tubérculos, cafeeiros, araucárias e fruteiras. Há relatos também de ocorrência em solos contaminados com metais pesados, em solos tratados com resíduos siderúrgicos e biosólido industrial, em áreas sob reabilitação de bauxita e em diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia.

De qualquer modo, deve-se admitir que eficiência similar a das simbioses rizóbio-leguminosas no solo não pode ser alcançada. Isto se deve ao fato que mesmo as bactérias associativas estando localizadas no interior das plantas, não há evidências de relação tão complexa e organizada quanto à presente nas simbioses de bactérias nodulíferas com leguminosas que é resultante de um processo muito mais evoluído que minimiza perdas do nitrogênio fixado por interferência de fatores químicos, físicos e biológicos que interagem na complexidade, heterogeneidade e dinâmica do sistema edáfico.

No entanto, cálculos da contribuição de N fixado para gramíneas estão em torno de 25 a 50 kg N/ha/ano o que equivale ao suprimento médio de cerca de 17% das demandas das culturas. Considerando a importância que as espécies produtoras de grãos, como trigo, arroz e milho, entre outras, são a principal fonte de carboidrato da dieta humana e o alto potencial fotossintético das gramíneas C4 nos trópicos, esta taxa de FBN, mesmo baixa representa uma grande economia nos custos de produção o que justifica estudos visando seu manejo. No entanto, os sistemas agrícolas atuais são na maioria dependentes de insumos industrializados (como adubos nitrogenados) e não exploram o grande potencial dos diazotróficos, tanto para a FBN quanto para outros mecanismos de promoção do crescimento vegetal.

Com o desenvolvimento das atividades econômicas, a exploração dos recursos naturais foi se tornando cada vez mais intensa. A vegetação natural foi substituída para que a terra fosse ocupada com plantações ou pastagens de gado. Uma vez destruídas as matas muitas espécies de microorganismos animais e vegetais desapareceram e outras estão em via de extinção.

Segundo Goulart (2003), o crescimento das cidades nas últimas décadas tem sido responsável pelo aumento da pressão das atividades

antrópicas sobre os recursos naturais. Em todo o planeta, praticamente não existe um ecossistema que não tenha sofrido influência direta e/ou indireta do homem, como por exemplo, contaminação dos ambientes aquáticos, desmatamentos, contaminação de lençol freático e introdução de espécies exóticas, resultando na diminuição da diversidade de habitats e perda da biodiversidade.

Esta constante pressão devido à demanda por áreas aptas para atividades agrícolas, buscando suprir a expansão da população mundial, vem causando a redução das formações vegetais naturais, com conseqüente esgotamento de recursos naturais. Um processo de degradação que chega a uma taxa de 0,1% ao ano tem sido relatado nos solos agrícolas do mundo, com uma perda na ordem de cinco milhões de hectares por ano. Essa degradação está relacionada principalmente a práticas agrícolas inadequadas, a pressão populacional e a exploração inadequada dos recursos naturais. Levantamentos mundiais registraram que 15% dos solos de regiões habitadas do planeta foram classificados como degradados devido às atividades humanas (OLDEMAN, 1994).

O processo de degradação ambiental devido às atividades antrópicas ocorre desde épocas antigas. O desmatamento e a pecuária causaram grandes problemas de erosão durante os períodos clássicos gregos e romanos. As práticas conservacionistas adotados pela civilização inca se perderam devido à destruição do império e a introdução de culturas e tecnologias espanholas. A irrigação adotada pelos sumérios causou salinização dos solos (TOY & DANIELS, 1998; SOUZA, 2004).

Na América do Sul, os processos que são considerados mais responsáveis pela degradação são o desmatamento, o super pastejo, as atividades agrícolas e a exploração intensa da vegetação. No Brasil, apesar da ausência de avaliações exatas, as estimativas indicam que o processo de desmatamento e as atividades agropecuárias são os principais responsáveis pela degradação dos solos brasileiros (TAVARES, 2008). Devido aos inúmeros processos e fenômenos biológicos, físicos e químicos envolvidos, a degradação e a recuperação de áreas degradadas são atividades de grande complexidade. Nesse contexto, a recuperação de áreas degradadas pode ser

conceituada como sendo um conjunto de ações que visam restabelecer as condições de equilíbrio e sustentabilidade em um sistema natural. Essas ações devem apresentar caráter multidisciplinar, envolvendo profissionais de diferentes áreas de conhecimento para que uma abordagem holística possa ser realizada (DIAS & GRIFFITH, 1998).

O termo degradação tem sido associado a efeitos negativos ou adversos causados ao ambiente que decorrem principalmente devido à intervenção do homem, sendo raramente empregado para alterações oriundas de processos naturais (TAVARES, 2008).

Os termos recuperação, reabilitação e restauração vêm sendo utilizados e, de maneira geral, referem-se ao processo inverso à degradação. A recuperação é o processo de reparação dos recursos em uma área, suficiente para o restabelecimento das espécies naturais da região, em composição e frequência (GRIFFITH, 1986). A reabilitação é o retorno de uma área degradada a um estado biológico apropriado, mesmo que não resulte na utilização da área para a produção a longo prazo, visando a recreação ou a valorização estética e ecológica, por exemplo (MAJER, 1989).

A restauração é um processo de retorno ao estado original da área, antes da degradação, em termos de fauna, vegetação, topografia, solo, hidrologia, entre outros, o que representa um objetivo praticamente inatingível (TAVARES, 2008). A restauração de ecossistemas degradados depende de conhecimento em diversas áreas, especialmente na reconstituição de sua estrutura e da dinâmica das comunidades que estão presentes no mesmo (ALMEIDA, 2000).

É importante o conhecimento da área a ser recuperada, como por exemplo, qual era o tipo de vegetação, existente, o fator de degradação, a situação atual da área etc., pois, é através dessas informações e de conhecimento ecológico que é possível propor ações que visem à restauração de um ecossistema sustentável, ou seja, que possa auto sustentar-se em longo prazo. (ENBEL & PARROTA, 2003).

Além disso, aumentam a área de absorção das raízes das plantas em busca de água e nutrientes de baixa mobilidade no solo como Cu, Zn, Mo e F, que Influenciam na concentração de Ca e K. Melhorando o desenvolvimento e crescimento da planta. Portanto, concluí-se que as leguminosas, as plantas

nativas e os fungos micorrizos arbusculares são viáveis para recuperação de áreas degradadas de fácil acesso e de baixo custo econômico. Experimentos conduzidos pelo método de incorporação do ^{15}N confirmaram que várias gramíneas tropicais se beneficiam de nitrogênio fixado biologicamente (DE-POLLI, 1975; RUSCHEL, 1975; DE-POLLI *et al.*, 1977).

Estimativas da FBN em gramíneas como *Brachiaria decumbens* e *B. humidicola*, as quais são muito utilizadas para a revegetação de áreas degradadas, indicam valores de 30 a 45 Kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, respectivamente advindo da FBN (Boddey & Victoria, 1986). Isto exemplifica a contribuição da associação gramínea-diazotróficos, na incorporação de N no solo e reforça a importância da FBN na recuperação de áreas degradadas

2. METODOLOGIA

Neste trabalho separaram-se artigos, dissertações e, teses que foram analisados e levou-se a fazer a seguinte relação, a presença de bactérias fixadoras de nitrogênio trazem uma melhoria significativa para o solo, diminui a utilização de adubos nitrogenados, os quais impactam significativamente o meio ambiente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fertilização nitrogenada requer um alto custo econômico e ambiental, fatores que, em determinadas situações, podem ser os causadores do fracasso da plantação. Uma alternativa barata e sustentável para suprir a necessidade de nitrogênio da planta, sem haver perda de produtividade agrícola é a utilização de bactérias que disponibilizam nitrogênio a planta. Essa prática terá grande valor para o pequeno produtor rural, que terá um impacto financeiro positivo, podendo investir no crescimento da propriedade (DINIZ *et al.*, 2012).

A maior atividade biológica é concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 0 a 30 cm. Nestas camadas, o componente biológico representa uma fração de menos que 0,5 % do volume total do solo e menos que 10 % da matéria orgânica, tal componente biológico consiste, em grande parte, de microrganismos que realizam diversas funções essenciais

para o funcionamento do solo, tais como: decomposição da matéria orgânica; liberação de nutrientes em formas disponíveis às plantas; e degradação de substâncias tóxicas. Além de formar associações simbióticas com as raízes das plantas, atuando no controle biológico de patógenos, influenciar na solubilização de minerais e contribuir para a estruturação e agregação do solo (KENNEDY & DORAN, 2002).

As plantas não são capazes de crescer e muito menos de se desenvolver sem o auxílio dos microrganismos. No solo existe um grande número de bactérias que se localizam na rizosfera (região de poucos milímetros de espessura de solo em torno da raiz). Aproximadamente 7 a 15% da superfície total das raízes é ocupada por estas células microbianas (GRAY & SIMTH, 2005).

A biomassa microbiana compreende o componente vivo da matéria orgânica do solo, excetuando-se a macrofauna e as raízes das plantas. Trata-se de um dos componentes que controlam funções chave no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, ou transformações envolvendo os nutrientes minerais. E, sobretudo, representa uma reserva de nutrientes, os quais são assimilados durante os ciclos de crescimento dos diferentes organismos do ecossistema (JENKINSON & LADD, 1981).

Os solos que mantêm um alto conteúdo de biomassa microbiana são capazes de estocar e ciclar mais nutrientes (GREGORICH *et al.*, 1994). A biomassa microbiana aliada ao conteúdo de matéria orgânica do solo pode ser utilizada como índice para comparar a qualidade do solo sob diferentes manejos e possíveis mudanças no conteúdo de biomassa microbiana, predizem em longo tempo o conteúdo de matéria orgânica do solo, ou ainda mostrar a qualidade e a saúde do solo (JENKINSON & LADD, 1981; LARSON & PIERCE, 1994).

Os microrganismos são os representantes mais ricos em diversidade química e molecular na natureza. No solo atuam nos processos de decomposição da matéria orgânica, participando diretamente no ciclo biogeoquímico dos nutrientes e, que por conseqüência, mediam a disponibilidade no solo. Assim, a biomassa microbiana do solo funciona como importante reservatório de vários nutrientes das plantas e atua diretamente na

sustentabilidade dos ecossistemas florestais (GRISI & GRAY, 1986; HUNTER-CEVERA, 1998; BRITZ *et al.*, 1999).

As bactérias podem viver em simbiose com as plantas, pois possuem a capacidade de fixar nitrogênio, elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, e que não se apresenta disponível no solo como os demais elementos, oriundos do intemperismo das rochas. O nitrogênio encontra-se disponível na atmosfera, e essas bactérias capturam esse N₂ e se associam as plantas, fornecendo nitrogênio às mesmas. O principal grupo de bactérias que realizam essa associação mutualística é o *Rhizobium*. Essa associação também é benéfica à bactéria, pois encontra no hospedeiro, abrigo e alimento (STROSCHEIN, 2012).

Diversos grupos de bactérias são responsáveis pela fixação do nitrogênio nas plantas, esses microrganismos são conhecidos como diazotróficos. O modo de vida desses seres pode ser de vida livre ou associada mutualisticamente a diversas espécies vegetais. A contribuição das bactérias diazotróficas não se limita ao provimento de nitrogênio a planta, sendo que está presente na síntese de fitormônios, no antagonismo a fitopatógenos, na solubilização de fosfatos, entre outras funções. Com isso, a preservação da biodiversidade dessas bactérias se torna vital para um bom equilíbrio do sistema agrícola. Em solos com déficit de bactérias diazotróficas, processos como a ciclagem de nutrientes e decomposição do material orgânico sofreram impactos, causando dependência a fertilizantes (MOREIRA *et al.* 2010).

Segundo MONTEIRO *et al.* (2012), as bactérias fixadoras de nitrogênio têm a capacidade de produzir polissacarídeos. Esses polissacarídeos são muito importantes para que ocorra a simbiose com a planta. Os gêneros *Sinorhizobium*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium* e *Azorhizobium* são muito utilizados na agricultura, pois produzem exopolissacarídeo em quantidades satisfatórias. Esses polissacarídeos auxiliam a bactéria a se fixar nas raízes das leguminosas.

ARAÚJO *et al.* (2007), em trabalho realizado com a bactéria fixadora de N₂ da espécie *Rhizobium tropici* juntamente com o tratamento químico em comparação com a adubação nitrogenada aplicado ao cultivo do feijoeiro, obtiveram resultados que demonstraram a eficácia com a inoculação com a

planta. A presença da bactéria aumentou a produtividade de grãos, sem haver a necessidade do uso de fungicida na semente.

Os microrganismos do solo auxiliam na produção agrícola, não são fertilizantes químicos, nem hormônios, mas fazem com que o solo tenha sua capacidade natural de produção em plena manifestação (OLIVEIRA *et al.*, 2011), constatou-se também que as plantas permanecem mais tempo verdes, o que significa que aconteceu um atraso na senescência o que fez com que a planta realizasse fotossíntese por um período mais prolongado.

Os microrganismos retiram da matéria orgânica os seus alimentos. Nesta decomposição há redução do todo em partes e compostos menores são liberados no ambiente. Muitos destes compostos são nutrientes, hormônios, vitaminas que alimentam a própria comunidade microbiana, além de animais e plantas., liberando no ambiente alguns compostos que aumentam a resistência das plantas aos insetos e doenças (BONFIM *et al.*, 2011).

Os hormônios vegetais (auxinas, citocininas, giberelinas, etileno e ácido abscísico) são substâncias orgânicas que executam funções na regulação do crescimento em plantas (RAVEN *et al.*, 2001). Vários microrganismos, como bactérias e fungos no solo e/ou associados às plantas, sintetizam hormônios de crescimento idênticos aos encontrados nas plantas, podendo-se destacar a principal auxina de ocorrência natural, denominada de ácido indol-acético (AIA). PEDRINHO *et al.* (2010), buscaram identificar e selecionar microrganismos provenientes da rizosfera de plantas de milho (*Zea mays* L.) com potencial para uso como biofertilizantes. Eles consideraram que o mecanismo de promoção de crescimento vegetal por microrganismos endofíticos necessita de mais estudos, para melhor entendimento dos fatores envolvidos, e afirmaram que a interação entre o genótipo da planta e a comunidade endofítica promotora de crescimento e outros fatores podem se inter-relacionar neste processo, como as comunidades microbianas epifíticas e da rizosfera.

Segundo VICENTINI *et al.* (2009), o produto é fundamentado na utilização do solo seguindo os princípios da natureza, ou seja, utilizar os microrganismos encontrados na natureza para melhoria de outros seres vivos, no caso da agricultura Messiânica, as plantas.

Quatro grupos de microrganismos fazem parte dos microrganismos do solo, que são estes, as leveduras, os actinomicetos, as bactérias produtoras de ácido láctico e as bactérias fotossintéticas (VICENTINI *et al.*, 2009). BONFIN *et al.* (2011) descreveram as funções das leveduras como tendo a capacidade de produzir substâncias antimicrobianas, protegendo o vegetal que estiver associado a estas, assim como, outras substâncias necessárias para um crescimento saudável e satisfatório da planta.

Os actinomicetos são bactérias gram-positivas predominantemente filamentosas que em leiras de compostagem desempenham notáveis funções, degradando compostos de difícil decomposição, como a lignocelulose, lignina e celulose. Possui também, a capacidade de sintetizar metabólitos secundários ativos distintos biologicamente, como antibióticos herbicidas, pesticidas, antiparasíticos, bem como, de enzimas como, amilases, celulasas, lípases e xilanases (RODRIGUES, 2006).

As bactérias produtoras de ácido láctico produzem ácido de açúcares e de outros carboidratos desenvolvidos pela bactéria fotossintética e pela levedura. Tem a capacidade de eliminar microrganismos danosos, auxiliando na decomposição da matéria orgânica e também age na fermentação e na decomposição de materiais tais como celulose e lignina. Possui também a função de eliminar microrganismos que induzem a doenças (BONFIM *et al.*, 2011).

BONFIM *et al.* (2011), ainda afirmam que as bactérias fotossintetizantes fazem a síntese de substâncias úteis para a secreção de raízes, matéria orgânica e/ou gases nocivos (hidrogênio sulfurado), usando o calor do solo e a luz do sol como fontes de energia. As substâncias úteis desenvolvidas por esses micróbios incluem, ácido nucléicos, aminoácidos, açúcares e substâncias bioativas, que estimulam o crescimento da planta.

De acordo com SANTOS *et al.* (2008), o Mg e Cu foram encontrados em maior concentração na planta de alface com dosagem de 130 kg ha⁻¹ N em associação de esterco inoculado com microrganismos do solo. Segundo LEE (1991), através de um estudo sobre a eficácia dos microrganismos do solo em plantações de algumas olerícolas (couve chinesa, alface, repolho, pimenta vermelha), os microrganismos do solo possuem totais condições para enriquecer a produtividade e o crescimento das mesmas. Este autor também

afirma que esses seres têm grande eficácia quando aplicado ao longo do solo associado a composto dos microrganismos do solo fermentados.

De acordo com LEITE (2009), microrganismos estão sendo utilizados para melhorar as condições químicas, físicas e biológicas do solo, sendo um produto agrícola de baixo custo, que não prejudica o ambiente e o consumidor. O composto pode ser utilizado também para o tratamento de águas residuárias pela habilidade em reduzir compostos tóxicos.

Os microrganismos do solo também apresentam utilização no controle de pragas na avicultura, o uso é feito através da inserção nos bebedouros, fornecendo as aves, antibióticos e vitaminas e também pela pulverização sobre a cama-de-frango. A ação ocorre na disposição microbiana da cama-de-frango e age na redução do nível de amônia, com o objetivo de que a espécie *Alphitobius diaperinus* não consiga se desenvolver (SANTORO *et al.*, 2008).

Recentemente estudos sobre a atividade microbiológica na rizosfera de diversos vegetais levaram ao descobrimento de grupos de microrganismos importantes para o desenvolvimento vegetal. Dentre eles estão as rizobactérias, capazes de colonizar as raízes, estimulando-as diretamente ou beneficiando o crescimento e o desenvolvimento de diversas plantas. Essas bactérias são chamadas Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas ou RPCP (BISWAS *et al.*, 2000; GYANESHWAR *et al.*, 2001; GRAY & SMITH, 2005; BARRIUSO *et al.*, 2005; KOKALIS-BURELLE *et al.*, 2006; COOK, 2007; KRAVECHENCKO, *et al.* 2007).

A maioria das Rizobactérias Promotoras de Crescimento em Plantas (RPCPs) bacterianas estudadas na literatura são gram negativas, e o seu principal efeito sobre as plantas é o fornecimento de fitohormônios de crescimento como auxinas, várias giberelinas e citocininas (ELKHAWAS & ADACHI, 1999).

A presença desses compostos auxilia o crescimento da raiz e da parte aérea do vegetal aumentando a captação de nutrientes pela planta (ANTOUN *et al.*, 1998, ASGHAR *et al.*, 2002) de diversos antibióticos ou outros mecanismos de biocontrole, os quais inibem o crescimento de diversos microrganismos considerados fitopatogênicos (DASHI *et al.*, 1998, GRAY & SMITH, 2005).

A utilização dos microrganismos na forma de inoculantes biológicos pode ajudar o mercado agrícola, pois é uma das tecnologias mais eficientes em

substituir métodos tradicionais de adubação com fertilizantes a base de uréia, e atualmente é utilizado principalmente em culturas de leguminosas. Na cultura de arroz inoculantes nacionais direcionados para esta cultura não estão ainda disponíveis no mercado brasileiro, devido que o processo de fixação biológica de nitrogênio não é tão eficiente como para as leguminosas existindo resultados controversos relacionados à baixa sobrevivência dos microrganismos no solo e a necessidade de reinoculação das plantas após a germinação.

Geralmente a uréia é a fonte mais comum de N usado nos solos, mas apenas aproximadamente 50% do que é aplicada ao solo é utilizada pela planta. Aplicações em excesso deste nutriente podem gerar inúmeros fatores fisiológicos negativos, podendo até interromper o crescimento da planta. Este mesmo processo pode se repetir também com o nutriente fósforo (KENNEDY *et al.*, 2004).

Para reverter este quadro de impacto ambiental provocado pela adubação em excesso e pelas dificuldades de equilíbrio na adubação, existem diversos estudos com relação à aplicação e à utilização de adubos biológicos na cultura de cereais de importância econômica mundial. Desta forma, tais adubos poderão ser substituídos por formulações constituídas, principalmente, por bactérias fixadoras de nitrogênio, também denominadas diazotróficas (FERREIRA *et al.*, 2003; XIE *et al.*, 2003; GUIMARAES *et al.*, 2003).

No atual modelo de agricultura, a utilização de herbicidas é amplamente vista, que tem o objetivo de atacar plantas daninhas que irão causar danos ao desenvolvimento da cultura, pois compete por nutrientes e água (GONÇALVES *et al.*, 2009). PROCÓPIO *et al.* (2011) verificaram que alguns tipos de herbicidas são prejudiciais à fixação biológica do nitrogênio, foi observado um crescimento mais lento da bactéria *Azospirillum brasilense* em meio líquido quando em contato com os herbicidas, glifosato e trifloxysulfuron + ametryn. O MSMA, amicarbazone e paraquat afetaram a fixação do nitrogênio realizada por essa bactéria.

Uma tecnologia baseada nos processos vivos da natureza contribuindo para um solo vivo e sustentável são os microrganismos eficazes, descoberto pelo professor Teruo Higa, da Universidade de Ryukyus, Japão. Os principais microrganismos presentes são as bactérias produtoras de ácido láctico, as

leveduras, as bactérias fotossintéticas, os actinomicetos e os fungos (BATTISTI & SANTOS, 2011).

O produto Microrganismos Eficazes (Effective Microorganisms - EM) teve sua origem no Japão, e é usado na agricultura natural desde 1983, e atualmente está sendo produzido e distribuído no Brasil pela Fundação Mokiti Okada. Trata-se de uma suspensão de microrganismos (meio líquido com pH controlado a 3,5), cuja composição biológica não é conhecida comercialmente, mas apresenta mais de 10 gêneros e 80 espécies de microrganismos, podendo chegar a 10⁹ células por grama, em uma suspensão concentrada (SANTORO et al., 2008).

A produção de fitohormônios, como auxinas, citocinas e giberelinas, são os mais comuns mecanismos encontrados de promoção de crescimento em plantas (GRAY & SMITH, 2005). A auxina é uma classe de fitohormônio que funciona em baixas concentrações, para regular o crescimento e desenvolvimento da planta, ocorrendo na natureza na forma de ácido indolacético, AIA (LEBUHN & HARTMANN, 1993; GRAY & SMITH, 2005). Além disso, outros hormônios que estimulam o desenvolvimento e o crescimento nos vegetais já há muito tempo foram encontrados como metabólitos bacterianos, por exemplo, a citocinina e a giberelina (GRAY & SMITH, 2005).

ZAHAROVA *et al.* (1999) apontaram que 80% das bactérias isoladas de rizosfera são capazes de produzir AIA. Entretanto existem poucos trabalhos sobre a biossíntese de auxinas por microrganismos do solo em seu próprio ambiente, porém sabe-se que o aminoácido L-triptofano (L-Trp) é um precursor fisiológico para a biossíntese de auxinas em diversas plantas e microrganismos e que a enzima chamada ipdC (indole-3-pyruvate decarboxylase – EC 4.1.1.74) é a enzima chave para a biossíntese destes compostos (LEBUHN & HARTMANN, 1993).

A síntese de AIA nos microrganismos também pode ocorrer através de outras vias biossintéticas, sendo a mais comum aquela que ocorre a partir do indol-3-acetaldeído (Ipya) (BROEK *et al.*, 1999).

Processos de identificação de AIA em laboratório são freqüentemente utilizados para identificação e seleção de RPCPs. Desse modo, ONA *et al.* (2005) realizaram ensaios *in vitro*, nos quais as condições ambientais que beneficiariam a produção de auxinas por *Azospirillum brasilense* foram

adequadas. Estes autores sugeriram que o relacionamento entre esta espécie bacteriana e a raiz é um fator favorável para a produção de AIA, pois essas interações apresentam características que beneficiam a formação deste hormônio tais como: baixas concentrações de carbono, nitrogênio e oxigênio e a presença de triptofano.

Trabalho realizado por EL-KHAWAS & ADACHI (1999) demonstraram que em condições laboratoriais, as espécies *Azospirillum brasilense* (ATCC 2970) (TARRAND *et al.*, 1978) e *Klebsiela pneumoniae* (ATCC 13883) tem potencial para a produção AIA. Além disso, os mesmos autores verificou que a quantidade deste hormônio produzido pode ser ajustada *in vitro*, o que se torna uma importante característica para a promoção do crescimento vegetal.

CHI *et al.*, (2005) detectaram por CLAE que isolados adaptados entre *Rhizobium* e arroz têm apresentado uma produção regular de AIA e giberelinas em culturas *in vitro* e um aumento extraordinário de AIA nos exudatos de raízes após 40 dias da germinação. Foram observados ainda elevados níveis de AIA e giberelinas extraídos de folhas de arroz quando inoculados com *Sinorhizobium meliloti* e *Azorhizobium caulinodans*.

Outro hormônio sintetizado pelos microrganismos é a citocinina que também auxilia no crescimento de diversas espécies de vegetais, atuando nas divisões celulares, na germinação das sementes, na expansão das raízes e folhas e também na senescência do vegetal. Dentre os microrganismos produtores deste composto podemos citar a espécie *Pseudomonas fluorescens* que produz altas concentrações deste fitohormônio (GRAY & SMITH, 2005). Por outro lado, algumas bactérias como o *Bacillus* sp também produzem altos níveis de giberelinas, que induzem efeitos positivos no crescimento de caules e galhos de diversas plantas (GRAY & SMITH, 2005).

Além disso, é comum encontrar microrganismos de solo que produzem altas concentrações de vários fitohormônios, que causam efeitos positivos em gramíneas, como é o exemplo de *Acetobacter diazotrophicus* (CALVACANTE & DOBEREINER, 1988) e *Herbaspirillum seropedicae* (BALDANI *et al.*, 1986) que produzem tanto o AIA como três diferentes compostos de giberelinas (BASTIAN *et al.*, 1998).

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes para a produtividade de diversas culturas (GUIMARAES *et al.* 2003), por ser constituinte de diversas

moléculas como os ácidos nucleicos, aminoácidos, bases nitrogenadas, clorofila, dentre outros (FERREIRA, 2008, MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). A maior parte do nitrogênio esta presente na crosta terrestre (93,8%) e o restante se encontram na atmosfera na forma de N₂, entretanto essa forma química não é acessível nutricionalmente para os seres eucariotos e para a maioria dos procariotos. Para que este macro elemento esteja disponível para os seres vivos e necessária a atuação de microrganismos que possuam a enzima nitrogenase, capazes de reduzir este elemento atmosférico em substâncias que podem ser assimiladas pelos vegetais e outros seres vivos, sendo denominados fixadores de N₂ ou diazotróficos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é um processo utilizado pelos diazotróficos e é uma tecnologia importante para substituir os adubos nitrogenados em determinadas culturas vegetais, que podem gerar impactos ambientais e gastos econômicos. Através da utilização de microrganismos que fixam nitrogênio do ar, o crescimento e o desenvolvimento do vegetal podem ser melhorados. Esse processo consiste na colonização, pelos microrganismos, de diferentes tecidos das plantas, como raízes e folhas. Além disso, tais microrganismos podem contribuir com o desenvolvimento vegetal habitando a rizosfera da planta (BARRAQUIO, 1997; CHOUDHURY & KENNEDY, 2004).

O Brasil é um dos países pioneiros em utilização das bactérias diazotróficas em vegetais na forma de inoculantes biológicos, sendo tal tecnologia um dos mais eficientes métodos de adubação disponíveis no mercado agrícola (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Os inoculantes também são chamados de biofertilizantes e são constituídos por bactérias diazotróficas, as quais contribuem para o crescimento e desenvolvimento de diversas culturas e, conseqüentemente, no aumento da produção agrícola (YANNI *et al.*, 1997).

Além disso, o uso desses biofertilizantes também pode diminuir e até mesmo solucionar o impacto ambiental causado no campo e nos lençóis freáticos gerado pelo uso abusivo de adubo nitrogenado industrializado (YANNI *et al.*, 1997; BISWAS *et al.*, 2000; GYANESHWAR *et al.*, 2001; GRAY & SMITH, 2005).

O solo em ambiente florestal oferece local propício ao desenvolvimento microbiano. É notável a participação da biota do solo no funcionamento e

sustentabilidade dos ecossistemas, de tal modo que alguns parâmetros referentes à atividade dos microrganismos são utilizados como bioindicadores para avaliação do estado de equilíbrio ou desequilíbrio nos ecossistemas florestais (MASON, 1980; SANTOS & CAMARGO, 1999; CHÁVEZ *et al.*, 2011).

Os microrganismos podem ser utilizados como sensíveis bioindicadores da qualidade do solo e são influenciados pelos fatores bióticos e abióticos (ANDRADE, 1999; VARGAS & SCHOLLES, 2000; CHÁVEZ *et al.*, 2011). Bioindicadores são propriedades ou processos biológicos dentro do solo que indicam o estado do ecossistema e podem ser utilizados no biomonitoramento da qualidade do solo. Biomonitoramento é a medida da resposta de organismos vivos a mudanças no habitat (WITTIG, 1993; DORAN & PARKIN, 1994).

São insuficientes as informações sobre o uso de bioindicadores microbiológicos do solo e por tal razão fazem-se necessários estudos mais específicos para poder interpretar as relações com os fatores bióticos e abióticos do solo (COLOZZI FILHO *et al.*, 1999).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluí-se que as bactérias fixadoras de nitrogênio participam de vários processos fisiológicos dos vegetais aumentando-se o seu sistema radicular possuindo-se assim a absorção de sais minerais, água e determinados hormônios produzidos pelas bactérias e como conseqüência aumentando-se a sua vitalidade e assim a sua capacidade de crescimento, de reprodução e de recobrir áreas rapidamente áreas anteriormente deteriorada.

Estes microorganismos além de contribuir com a assimilação de compostos químicos produzidos pelas bactérias que é assimilado pela planta, além do melhoramento da estrutura do solo, elas também são excelente como cobertura viva no caso das herbáceas.

Além disso, aumentam a área de absorção das raízes das plantas em busca de água e nutrientes de baixa mobilidade no solo como Cu, Zn, Mo e F, que influenciam na concentração de Ca e K. Melhorando o desenvolvimento e crescimento da planta. Portanto, concluímos que as leguminosas, as plantas

nativas e os fungos micorrizos arbusculares são viáveis para recuperação de áreas degradadas de fácil acesso e de baixo custo econômico.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSO, E. T.; LEYVA, A; HERNÁNDEZ, A. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, mil). **Rev. Colomb. Biotecnol**, v. 7, n. 2, p. 47-54, 2005.

ANDRADE, G. Interacciones microbianas en la rizosfera. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS/UFLA, p. 551 – 575.1999.

ANTOUN, H. et al. Potential of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species as plant growth promoting rhizobacteria on no-legumes: Effect on radishes (*Raphanus sativus* L.). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 204, n.1, p. 57-67, 1998.

ARAÚJO, F. F. de; CARMONA, F. G.; TIRITAN, C. S.; CRESTE, J. E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Sci. Agron.**, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.

ASGHAR, H. N. et al. Relationship in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in *Brassica juncea* L. **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, v 35, p. 231-237, 2002.

BALDANI, J.I. et al. Characterization of *Herbaspirillum seropedicae* gen. nov., sp. nov., a root-associated nitrogen-fixing bacterium. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 36, p. 86-93, 1986

BARRAQUIO, W.L.; REVILLA L.; LADHA, J.K. Isolation of endophytic diazotrophic bacteria from wetland rice. **Plant and Soil**, v. 194, p.15-24, 1997.

BARRIUSO, J. et al. Screening for putative PGPR to improve establishment of the symbiosis *Lactarius deliciosus*-*Pinus* sp. **Microbial Ecology**, Nova York, v. 50, p.82-89, 2005.

BASTIAN, F. et al. Production of indole-3-acetic acid and gibberellins A1 and A3 by *Acetobacter diazotrophicus* and *herbaspirillum seropedicae* in chemically-defined culture media. **Plant Growth Regulatons**, Dordrecht ,v. 24, p. 7-11, 1998.

BATTISTI, M. B.; SANTOS, M. G. dos. **Avaliação da eficiência da aplicação de microrganismos eficientes EM•1® em cultivo de alface**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, Medianeira, PR, 2011.

BISWAS, C. et al. Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth of Lowland rice. **Soil Scientific Society American**, Madison, v. 64, p. 1644-1650, 2000.

BODDEY, R.M., Victoria, R.L. 1986. Estimation of biological nitrogen fixation associated with Brachiaria and Paspalum grasses using ¹⁵Nlabelled organic matter and fertilizer. *Plant and Soil* 90: 265-292.

BONFIN, F. P. G.; HONORIO, I. C. G.; REIS, I. L.; PEREIRA, A. de J.; SOUZA, D. B. de. **Caderno dos Microrganismos Eficientes (EM)**: Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. 2. ed. Viçosa: Imprensa da UFV, 2011.

BRITEZ, R. M.; MARQUES, R.; PIRES, L.; BASSFELD, J. C.; BONET, B. R.; LOPEZ, M. R. Decomposição de serapilheira e liberação de nutrientes em florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, PR, Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14., 1999, Pucon. **Anais ... Temuco**: Universidad de la Forntera, 1999. 569 p.

BROEK, A.V. Auxins upregulate expression of the indole-3- Pyruvate decarboxylase gene in Azospirillum brasilense. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 181, p.1338-1342, 1999.

CALVACANTE V.A.; DOBEREINER, J. A new acid-tolerant nitrogen fixing bacterium associated with sugarcane. **Plant and Soil**, v. 108, p. 23-31, 1988.

CHÁVEZ, L. F.; ESCOBAR, L. F.; ANGHINONI, I.; DE FACCI CARVALHO, P. C.; MEURER, E. J. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Pesq. agropec. bras.**, v. 46, n. 10, p. 1254-1261, 2011.

CHI, F. et al. Ascending migration of endophytic rhizobia, from roots to leaves, inside rice plants and assessment of benefits to rice growth physiology. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.71, n. 11, p.7271-7278, 2005
CHOUDHURY, A.T.M.A.; KENNEDY, I.R. Prospects and potentials for systems of biological nitrogen fixation in sustainable rice production, **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, v. 39, p. 219-227, 2004.

COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E. L.; ANDRADE, D. de S. Microrganismos e processos biológicos no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F.M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS/UFLA, p. 487 – 508, 1999.

COOK, R.J. Management of resident plant growth-promoting rhizobacteria with the cropping system: a review of experience in the US Pacific Northwest. **European Journal of Plant Pathology**, v. 119, p. 255-264, 2007.

DASHTI, N. Plant growth promoting rhizobacteria accelerate nodulation and increase nitrogen fixation activity by field grown soybean (*Glycine max* L. Merr)

under short season conditions. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 200, p. 205-213, 1998.

DE-Polli, H. 1975. Ocorrência de fixação de $^{15}\text{N}_2$ nas gramíneas tropicais *Digitaria decumbens* e *Paspalum notatum*. 95f. (Dissertação Mestrado)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.

DE-Polli, H., Matsui, E., Döbereiner, J., Salati, E. 1977. Confirmation of nitrogen fixation in two tropical grasses by $^{15}\text{N}_2$ incorporation. *Soil Biology and Biochemistry* 9: 119-123.

DIAS, L. E.; GRIFFITH J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, E. L.; MELLO, J. W. V. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: UFV/Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.1-7.

DINIZ, P. F. de A. OLIVEIRA, L. E. M. de; LOPES, N. A.; FLORENTINO, L. A.; CARVALHO, T. S de; MOREIRA, F. M. de S. Bactérias diazotróficas em solos sob seringueira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1426-1433, 2012.

EL-KHAWAS, H.; ADACHI, K. Identification and quantification of auxins in culture media of *Azospirillum* and *Klebsiela* and their effect on rice roots. **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, v.28, p. 377-381, 1999.

ENBEL, V. L. & PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEIMA, P. Y.; Oliveira, R. E.; Morais, L. F. D.; Engel, V. L. & Gandara, F. B. (orgs) Restauração ecológica de ecossistemas naturais. FEPAF. Botucatu, SP. 2003. pp. 01-26.

FERREIRA, J. S. **Qualidade de inoculante, inoculação e reinoculação de *Herbaspirillum seropedicae* em duas variedades de arroz irrigado**. 2008. 83f. Tese de (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropedica, 2008.

FERREIRA, J. S. et al. Selecao de veiculos para o preparo de inoculante com bacterias diazotroficas para arroz inundado. **Agronomia**, Rio de Janeiro, p.6-12,2003.

GOULART, M. D.; CALLISTO, Marcos. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, v. 2, n. 1, p. 153-164, 2003.

GONÇALVES, K. S.; SÃO JOSÉ; A. R.; VELINI, E. D. Seletividade do Oxyfluorfen para a cultura do pinhão-manso. **Planta Daninha**, v. 27, n. especial, p. 1111-1116, 2009.

GRAY, E.J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracelular PGPR:commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biology And Biochemistry**, Oxford, v. 37, p. 395-412, 2005.

GRIFFITH, J. J. Recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. Viçosa: UFV, 1986.

GRISI, B. M.; GRAY, T. R. G. Comparação dos métodos de fumigação, taxa de respiração em resposta à adição de glicose e conteúdo de ATP para estimar a biomassa microbiana do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 10, p. 109-115, 1986.

GUIMARAES, S. L.; et al. Efeito da inoculação de bactérias diazotrófica endofíticas em arroz de sequeiro. **Agronomia**, v. 37, p. 25-30, 2003.

GYANESHWAR et al. Endophytic colonization of rice by a diazotrophic strain of *Serratia marcescens*. **Journal of Bacteriology**, Washington, v.183, n.8, p. 2634-2645, 2001.

HUNTER-CEVERA, J. C. The value of microbial diversity. **Current Opinion in Microbiology**, v. 1, n. 3, p. 278-285, 1998.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Orgs.) **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, p. 415-471.1981.

KENNEDY, A.; DORAN, J. Sustainable agriculture: role of microorganisms. In: BITTON, G. (Org.) **Encyclopedia of Environmental Microbiology**. New York: John Wiley & Sons, p. 3116-3126. 2002.

KENENDY I. R., et al. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 36, p. 1229-1244, 2004.

KOKALIS-BURELLE N. et al. Plant growth promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous microorganisms. **Applied Soil Ecology**, Washington, v. 31, p.91-100, 2006.

KRAVECHENCKO, L.V. et al. Isolation and phenotypic characterization of plant growth-promoting rhizobacteria with antiphytopathogenic activity and root-colonizing ability. **Microbiology**, v. 71, n. 4, p. 444-448, 2001.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Orgs.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, p. 37-51, 1994.

LEBUHN, M; HARTMANN, A. Method for the determination of indole-3-acetic acid and related compounds of L-tryptophan catabolism in soils. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v.629, p.255-266, 1993.

LEE, K. H. Effect of organic amendments and EM on the growth and yield of crops and soil properties. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KYUSEI NATURE FARMING, 4., Piracicaba. **Anais... Piracicaba: Proceedings Maryland, USDA**, p. 142-147. 1991.

LEITE, M. J. C.; **Utilização de microorganismos eficazes como probiótico no cultivo da tilápia do Nilo**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia – Paraíba, 2009.

MAJER, J. D. Fauna studies and land reclamation technology: review of the history and need for such studies. In: MAJER, J. D. *Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands*. London: Cambridge University Press, 1989. p.3-33.

MASON, C. F. *Decomposição*. São Paulo: EDUSP, 1980.

MONTEIRO, N. K.; ARANDA-SELVERIO, G.; EXPOSTI, D. T. D. SILVA, M. de L. C. da; LEMOS, E. G. M.; CAMPANHARO, J, C.; SILVEIRA, J. L. M. Caracterização química dos géis produzidos pelas bactérias diazotróficas *Rhizobium tropici* e *Mesorhizobium sp.* **Quim. Nova**, v. 35, n. 4, p. 705-708, 2012.

MOREIRA, F.M.S., Siqueira, J.O. 2006. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2a ed. UFLA, Lavras, Brasil. 729 p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Fixação biológica de nitrogênio atmosférico. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006. p.449-542.

MOREIRA, F.M. de S et al., - **Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações**. *Comunicata Scientiae* 1(2): 74-99, 2010

MOREIRA, F. M. de S.; SILVA, K. da; NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F de. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74-99, 2010

OLDEMAN, L. R. The global extent of soil degradation. In: GREENLAND, D. J.; SZABOCLS, I. *Soil Resiliense and sustainable Land Use*. CabInternational: Wallingford, 1994. p.99-118.

OLIVEIRA, S. A. S de; STARK, E. M. L. M.; EPIFÂNIO, J. A.; BERBARA, R. L. L.; SOUZA, S. R. de. Partição de nitrogênio em variedades de milho (*Zea mays* L.) com a aplicação foliar de microorganismos eficazes e nitrato. **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida**, v. 31, n. 1, p. 57-69, 2011.

ONA, O. et al. Growth and indole-3-acetic acid biosynthesis of *Azospirillum brasilense* Sp245 is environmentally controlled. **Fems Microbiology Letters**, Oxford, v.246, p.125-132, 2005.

PEDRINHO E. A. N.; GALDIANO-JÚNIOR R. F.; CAMPANHARO J. C.; CARARETOALVES L. M.; LEMOS E. G. M. Identificação e avaliação de rizobactérias isoladas de raízes de milho. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 905-911, 2010

PROCÓPIO, S. O.; FERNANDES, M. F.; TELES, D. A.; SENA FILHO, J. G.; RAVEN, P. H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. Regulando o crescimento e o desenvolvimento: os hormônios vegetais. In: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. (Eds.). **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.646-675.2001.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. (Eds.). **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 646-675.2001.

RODRIGUES, K. **Identificação, Produção de antimicrobianos e complexos enzimáticos de isolados de actinomicetos**. 2006. 129 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2006.

RUSCHEL, A.P. 1975. Fixação biológica de nitrogênio. (Tese de Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.

SANTORO, P. H.; NEVES, P. M. O. J.; CAVAGUCHI, S. A.; CONSTANSKI, K.; AMARO, J. T.; ALVES, L. F. A.; GOMES, B. B. Controle associado de *Alphitobius diaperinus* e efeito de microrganismos eficazes no desenvolvimento de *Beauveria bassiana*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 1-8, 2008.

SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 1.ed. Porto Alegre: Genesis Edições, 1999.

SANTOS, M. L.; QUEIROZ, R. de P.; SANTI, A.; OLIVEIRA, A. C. de. Teores de macro e micronutriente nas folhas e produtividade de alface crespa em função da aplicação de doses e fontes de nitrogênio. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 6, n. 1, p. 47- 56, 2008.

SOUZA, M. L. Utilização de microrganismos na Agricultura. **Biotechnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 21 - julho/agosto, 2001.

SOUZA, M. N. Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável. 2004. 371f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2004

STROSCHEIN, M. R. D. Caracterização de bactéria fixadora de nitrogênio em *Lupinus albus*. **J. Biotec. Biodivers.**, v. 3, n.1, p. 32-37, 2012.

TAVARES, S. R. L. Áreas degradadas: conceitos e caracterização do problema. In: TAVARES, S. R. L. Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228p.

TARRANT, J.J. et al. A taxonomic study of *Spirillum lipoferum* group with a description of a new genus, *Azospirillum* nov. gen and two species

Azospirillum lipoferum (Beijerinck) nov. sp. And *Azospirillum brasilense* nov. sp. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 24, p. 967-980, 1978

TOY, T. J.; DANIELS, W. L. Reclamation of disturbed lands. In: MAYER, R. A. Encyclopedia of environmental analysis and remediation. New York: John Wiley, 1998. p.4078-4101.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 35-42, 2000.

VICENTINI, L. S.; CARVALHO, K.; RICHTER, A. S. Utilização de microorganismos eficazes no preparo da compostagem. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3367 – 3370, 2009.

XIE, G. T. et al., Cultivable heterotrophic N₂-fixing bacterial diversity in rice field in the Yangtze River Plain, **Biology and Fertility Soils**, Berlin, v.37, p. 29-38, 2003.

YANNI, Y.G. et al. Natural endophytic association between *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* and rice roots and assessment of its potential to promote rice growth. **Plant and Soil**, The Hague, v. 194, p. 99-114, 1997.

ZAKHAROVA E.A. et al. Biosynthesis of indole-3-acetic acid in *Azospirillum brasilense*. **European Journal Bioch**