



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANA CAROLINE RODRIGUES DA SILVA

**CRESCIMENTO DE MUDAS *Colubrina grandulosa* Perkins MICORRIZADAS EM
SUBSTRATO COM CASCALHO DE PERFURAÇÃO DE POÇO PETROLÍFERO**

Prof. Dr. MARCOS GERVASIO PEREIRA
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO – 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANA CAROLINE RODRIGUES DA SILVA

**CRESCIMENTO DE MUDAS *Colubrina grandulosa* Perkins MICORRIZADAS EM
SUBSTRATO COM CASCALHO DE PERFURAÇÃO DE POÇO PETROLÍFERO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. MARCOS GERVASIO PEREIRA
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO – 2017

**CRESCIMENTO DE MUDAS *Colubrina grandulosa* Perkins MICORRIZADAS EM
SUBSTRATO COM CASCALHO DE PERFURAÇÃO DE POÇO PETROLÍFERO**

ANA CAROLINE RODRIGUES DA SILVA

Monografia aprovada em: 21/11/2017.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcos Gervasio Pereira – UFRRJ
Orientador

Msc. Joel Quintino de Oliveira Júnior– UFRRJ
Membro

Prof. Dr. José Carlos Arthur Junior – UFRRJ
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as graças a mim concedidas.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelo ensino de qualidade.

Ao professor Marcos Gervasio Pereira, pelo carinho, aprendizado e confiança que foi construída ao longo desse ano.

Ao meu grande amigo Joel Quintino de Oliveira Júnior pela ajuda na realização desse trabalho e de tantos outros.

Ao professor José Carlos Arthur Junior, pela participação na banca.

Aos meus pais, por serem os maiores incentivadores.

Ao João Elves da Silva Santana, pelo constante incentivo, motivação, companheirismo e até pela falta de paciência.

Ao Douglath Alves Corrêa Fernandes, pela ajuda e aprendizado.

A todos os amigos que eu fiz. Em especial Beatriz Rodrigues Pereira, Carolina Machado e Beatriz Griffó.

RESUMO

A maior parte dos riscos ambientais gerada pela extração do petróleo, é oriunda da atividade de perfuração dos poços. Devido ao alto volume de resíduo produzido, faz-se necessário obter formas alternativas para melhor destinação dos mesmos, sendo uma dessas a utilização destes como substrato para a produção de espécies florestais. Para avaliar essa possibilidade, foi conduzido experimento em delineamento inteiramente casualizado utilizando um esquema fatorial 5×2 com três repetições. Os tratamentos consistiram em diferentes doses de cascalho de perfuração (0, 5, 10, 15 e 20%) utilizando na espécie *Colubrina glandulosa*. Também foi utilizada a inoculação de uma mistura de fungos micorrízico arbusculares (*Rhizophagus clarus*, *Gigaspora margarita*, *Dentiscutata heterogama*) para avaliar o potencial efeito destes na mitigação de possíveis efeitos deletérios do cascalho, decorrentes de sua salinidade. Aos 120 dias após a instalação do experimento, foi mensurado a altura e o diâmetro do coleto. As mudas foram cortadas na região do colo para separação do sistema radicular. Foi determinada a massa seca total. Verificou-se que a colonização com inóculo misto amenizou o estresse prejudicial sobre o crescimento da espécie. O crescimento em altura e diâmetro do coleto de *Colubrina glandulosa* foi afetado a partir da dosagem de cascalho a 10%, ocorrendo a redução gradativa do desenvolvimento da espécie.

Palavras-chave: Produção de mudas, fungo micorrízico arbuscular, resíduo de perfuração.

ABSTRACT

Most of the environmental risks generated by oil extraction come from the well drilling activity. Due to the high volume of waste produced, it is necessary to obtain alternative forms to better destine them, one of which is the use of these as a substrate for the production of forest species. To evaluate this possibility, a completely randomized experiment was conducted using a 5×2 factorial scheme with three replicates. The treatments consisted of different doses of drill gravel (0, 5, 10, 15 and 20%) using *Colubrina glandulosa*. The inoculation of a mixture of arbuscular mycorrhizal fungi (*Rhizophagus clarus*, *Gigaspora margarita*, *Dentiscutata heterogama*) was also used to evaluate their potential effect on the mitigation of possible deleterious effects of gravel due to their salinity. At 120 days after the installation of the experiment, the height and diameter of the collection were measured. The seedlings were cut in the region of the colon to separate the root system. The total dry mass was determined. Colonization with mixed inoculum has been found to ameliorate detrimental stress on the growth of the species. The growth in height and diameter of the *Colubrina glandulosa* collection was affected from the 10% gravel dosage, with a gradual reduction of the development of the species.

Keywords: Production of seedlings, arbuscular mycorrhizal fungus, drilling residue

SUMÁRIO

LISTA DE TABELA	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	2
2.2 Cascalho de perfuração	3
2.3 Fungo micorrízico arbusculares	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	4
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	5
5. CONCLUSÕES	9
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Análise química dos substratos formulados com subsolo, esterco e diferentes proporções de cascalho de perfuração de poço petrolífero.....	11
Tabela 2. Médias da análise de variância para os parâmetros altura, diâmetro de coletor, massa seca total e percentagem de micorrização para a espécie <i>Colubrina glandulosa</i> em função das doses de cascalho	12

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Curvas de respostas da altura de <i>Colubrina glandulosa</i> , inoculadas com combinação de fungo, em função das doses de cascalho.....	6
Figura 2: Curvas de respostas do diâmetro do coleto de <i>Colubrina glandulosa</i> , inoculadas com combinação de fungo, em função das doses de cascalho.....	7
Figura 3: Curvas de respostas de massa seca total de <i>Colubrina glandulosa</i> , inoculadas com combinação de fungo, em função das doses de cascalho.....	8

1. INTRODUÇÃO

O petróleo é um combustível fóssil que apresenta muitas aplicações e utilidades, além do uso na indústria automobilística. Grande parte da produção de energia global é baseada nesse recurso. Sendo este usado com matéria-prima ou constituinte de diversos produtos como plásticos, calçados, fertilizantes e cosméticos (MARTINS et al., 2015). Segundo a Agência Internacional de Energia, o petróleo é responsável por cerca de 37% da produção de energia no mundo, o setor de transporte é o que mais utiliza esse óleo (50%).

A maior parte da reserva de petróleo está em campos marítimos, o que tem levado atividades de perfuração a atingirem profundidades cada vez maiores. (PETROBRAS, 2017). A exploração de um poço de petróleo tem alto grau de periculosidade, principalmente devido às condições extremas nas quais são desenvolvidas. A maior parte desses riscos ambientais é oriunda da atividade de perfuração de poços de petróleo gerando ou ocasionando danos ao meio ambiente (SOUZA, 2014). Os impactos causados por essas atividades resultam em alta quantidade de resíduos como cascalho de perfuração.

O cascalho representa os fragmentos de rocha deslocados pela broca e carreados para a superfície no fluido de perfuração. Esses fragmentos quando lavados e secos, são analisados pelos geólogos para a obtenção de informações sobre as formações perfuradas. O termo cascalho é utilizado na indústria do petróleo para qualquer sedimento retirado do poço, seja de granulometria fina ou grossa (SERRA, 2003).

Se estes resíduos não conterem óleo livre, nem outros contaminantes regulamentados e atenderem as exigências locais quanto ao descarte, podem ser descartados no ambiente. Se a atividade de perfuração for realizada em campo marítimo com lâmina d'água menor que 60 metros, o descarte de cascalho no Brasil fica proibido segundo a Lei Federal Nº 9.966/00 (MORAES, 2010).

Neste caso, o cascalho é encaminhado para tratamento e em seguida é feita a disposição adequada. Quando o fluido utilizado é a base de óleo, o processo de secagem é necessário antes do descarte (MORAES, 2010). A principal forma de destinação dos resíduos de perfuração vêm sendo a disposição em aterros sanitários ou reciclados como matéria prima na confecção de artefatos diversos da construção civil (FIALHO, 2012).

O gerenciamento desses resíduos visando minimizar impacto ambiental da operação de perfuração é um dos desafios mais importantes da indústria de petróleo. Devido à alta concentração de bário e sódio presente nesses resíduos. Dessa maneira, atribuindo riscos ao meio ambiente (MAGALHÃES et al., 2014).

Os danos causados pela atividade de perfuração atingem à fauna e flora, devido a remoção da vegetação, erosão, contaminação do meio ambiente causadas pelos resíduos dos fluidos de perfuração, cascalhos de perfuração e percolação de contaminantes para lençóis freáticos, causadas por perdas dos fluidos de perfuração (AQUINO; COSTA, 2011).

O setor petrolífero recentemente tem buscado alternativas para destinação final desses cascalhos residuais da perfuração de poços. Diversas técnicas foram descritas para disposição final destes resíduos de forma menos impactante no meio ambiente. Uma das formas de diminuir a concentração dos contaminantes presentes, principalmente os metais pesados e hidrocarbonetos, está na técnica de mistura no solo (TOLEDO, 2014).

No entanto, ainda há uma lacuna no que se diz respeito ao reaproveitamento como o substrato para a produção de mudas de espécies florestais.

A associação mutualística entre os fungos micorrízicos arbusculares e raízes das plantas, pode aumentar a resistência a ambientes adversos. Em condições edáficas estressantes encontradas em grande parte dos solos das regiões tropicais, essa associação é particularmente

importante, além do potencial para promover o desenvolvimento das plantas e a agregação do solo (MOHAN et al., 2014).

Sabendo dos impactos ambientais ligados à atividade de perfuração de poços e da importância de priorizar outras formas de destinação de resíduos em relação à destinação em aterros, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de substratos constituído a partir de cascalhos de perfuração para produção de mudas e avaliar o efeito da adição de cascalho de perfuração em substrato de cultivo de mudas de *Colubrina glandulosa* Perkins e se a adição de fungos micorrízicos arbusculares são capazes de reduzir o efeito salino proveniente desse resíduo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Colubrina glandulosa* Perkins

A espécie *Colubrina glandulosa* Perkins é conhecida popularmente como sobrasil, saguaraji-vermelho, saguari. O Brasil possui 13 gêneros e 50 espécies nativas, pertencentes à família Rhamnaceae que apresenta destaque entre as arbóreas florestais nativas. (SOUZA; LORENZI, 2005).

Ocorre naturalmente no estado do Ceará até Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso do Sul e alguns locais da Amazônia. Frequentemente é observada formando pequenos agrupamentos em vegetação secundária e capoeirões (CARVALHO, 2005), sendo classificada como secundária inicial (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990).

Desenvolve-se em ambiente de Mata Atlântica e mata de galeria, devido às características biológicas da espécie que possibilita sua ocorrência em diversos tipos de solos. É encontrada em florestas úmidas de Terra Firme, Mata de Galeria e Floresta Estacional Semidecidual (CNCFLORA, 2012).

Segundo Dubois (2006), a espécie possui crescimento de moderado a rápido. A árvore apresenta porte médio, com altura entre 5 a 20 m. Sua madeira é pesada, densidade de 0,92 g/cm, bastante resistente ao apodrecimento mesmo quando em contato com o solo e a umidade, com alburno pouco distinto (LORENZI, 2002). Tem uso tradicional no setor madeireiro, cujo fornecimento hoje se encontra altamente debilitado devido à escassez dessa espécie em florestas naturais.

A escassez e a alta qualidade da madeira justificam o alto valor de mercado, e seu uso restrito para aplicações nobres como a movelaria, carpintaria em geral, indústria naval, pisos e assoalhos (SOUZA, 2008).

Por ser rústica e de fácil cultivo pode ser usada para composições de florestas heterogêneas destinadas à preservação permanentes e recomposição de áreas degradadas (LORENZI, 2002). Possui qualidades ornamentais quando adulta, podendo ser usada na arborização urbana (CARVALHO, 1994).

As folhas, brotos, flores e frutos desta espécie servem como alimento para a fauna, além da importância para a restauração da vegetação (HOELTGEBAUM et al., 1999). As sementes são pretas, brilhantes e lisas, apresentam formato elipsóide, sendo truncadas na extremidade que contém a região hilar (CARVALHO, 2005).

A dispersão é barocórica, onde ocorre a explosão dos frutos, podendo também ser dispersadas por animais. Possuem forte dormência tegumentar, sendo recomendada escarificação química com ácido sulfúrico ou imersão em água quente (CAVALHEIRO et al., 2007). Com a utilização de tratamentos para quebra da dormência são atingidos até 90% de germinação (CARVALHO, 2003; CAVALHEIRO et al., 2007).

2.2 Cascalho de perfuração

O processo de extração de petróleo possui a fase de perfuração de poços como fundamental para localização e retirada dos hidrocarbonetos de suas reservas naturais. Este processo de perfuração gera, entre outros resíduos, fragmentos de rochas e solos transfixados pelas brocas. Esses fragmentos são denominados cascalho de perfuração de petróleo ou simplesmente resíduo de perfuração de petróleo (TOLEDO, 2014).

Os fragmentos devem ser removidos dos poços para que ocorra a etapa de perfuração sem a parada da operação, devido ao aprisionamento da coluna. O fluido de perfuração é responsável pela suspensão do cascalho gerado durante a perfuração (SILVA, 2015). Dentre os componentes mais utilizados nos fluidos de perfuração encontram-se a baritina, soda cáustica, cloreto de sódio, hidróxido de cálcio e outros componentes sintéticos (CAENN et al., 2011). Resultados de caracterização de materiais de resíduos de perfuração indicam pH relativamente alto, material de areia, argila, composto principalmente de quartzo e barita (TOLEDO, 2014). Dessa forma, o cascalho de perfuração apresenta composição variada, pois são dependentes da composição do fluido, material perfurado e equipamento utilizado para recuperação do fluido.

Em geral, os cascalhos possuem elevados teores de bário e de sódio (MAGALHÃES, 2011). No Brasil, a estimativa de produção de cascalho de perfuração de petróleo em poços terrestre é de cerca de 13 m³ a cada 100 metros de perfuração (MI SWACO, 2017). Devido ao alto volume de resíduo formado, faz-se necessário obter formas alternativas para melhor destinação. Pois, a quantidade de resíduos gera impactos negativos. Principalmente, quando são dispostos de maneira inadequada, poluindo o solo e a água.

A gestão desses resíduos depende do teor de hidrocarbonetos total de petróleo, salinidade, teor de umidade, tipos de fluidos de perfuração utilizados e da eficiência de recuperação do fluido durante a separação do cascalho. Enquanto os resíduos de perfuração à base de água são simplesmente dispostos a abrir o poço (lodo de lama), os resíduos contaminados com o óleo são normalmente descartados após sujeitando-os a um processo de tratamento térmico (PAGES et al., 2003).

A compostagem tem sido uma forma de mitigar o perigo inerente do resíduo, através de processos biológicos (ARARUNA JUNIOR; BURLINI, 2013). Segundo Presotto (2014), a aplicação controlada do resíduo em solos agrícolas, permite que os microrganismos do solo façam a mineralização dos hidrocarbonetos, processo que pode ser acelerado com a adição de fertilizantes, compostos e esterco.

Em relação aos metais, ocorre uma diluição e, conseqüentemente, uma potencial atenuação destes através da transformação e assimilação de diversos constituintes do cascalho. A disposição controlada desses resíduos no solo pode ser uma alternativa com baixo custo, desde que não haja riscos de lixiviação e de volatilização de contaminantes (BALL et al., 2012).

2.3 Fungos micorrízico arbusculares

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são organismos biotróficos obrigatórios, pertencente ao filo *Glomeromycota*, que se associam com raízes de plantas vasculares terrestres (SIQUEIRA, 2002). Possuem baixa especificidade de hospedeiro, podendo colonizar o córtex radicular de várias espécies, em diferentes ecossistemas terrestres (SMITH; READ, 2008). Esses organismos estabelecem relações mutualísticas que pode promover o incremento no crescimento da planta e tolerância a estresses bióticos e abióticos (SOUZA et al., 2007).

Esses fungos promovem melhorias na absorção de nutrientes, adaptação a estresses bióticos, abióticos do solo e estimula o crescimento, entre outros benefícios à comunidade vegetal. (VAN DER HEIJDEN et al., 1998). Dessa maneira, a associação possui um papel importante na aquisição de nutrientes, em especialmente aqueles elementos de pouca mobilidade, como o fósforo, zinco e cobre (GOETTEN et al., 2016). Logo, FMAs são componentes importantes em ambientes naturais e os alterados pelo homem como nos solos agrícolas, podendo ser utilizados como bioindicadores de qualidade do solo (SCORIZA, 2016).

A maior parte das plantas superiores sob condições de estresse são colonizadas por FMAs, beneficiando o seu crescimento (SMITH e READ, 2008). Assim, os FMAs são essenciais no estabelecimento e adaptação das plantas em locais severamente perturbados (VALLINO et al., 2006), amenizando as perdas por estresse (MUNIER-LAMY et al., 2007).

Esses fungos alteram também as características físicas e químicas do substrato e contribuem para a formação e manutenção da estrutura do solo, agregando as partículas do solo por meio de hifas extrarradiculares, exsudatos e resíduos. Isso ocorre devido a produção e secreção da proteína glomalina (RILLIG, 2004), que melhora a estrutura do solo.

A formação de associações micorrízicas são capazes de melhorar a tolerância das plantas hospedeiras à salinidade, aumentando a absorção de água e nutrientes do solo através de uma extensa rede de hifas (BARNAWAL et al., 2014). Os FMAs também alteram a morfologia e fisiologia das plantas de maneiras que permitem a planta hospedeira manipular o estresse de forma mais eficiente (MIRANSARI et al., 2008). Todas essas habilidades, entre outras, fazem do fungo micorrízico uma excelente ferramenta para produção de mudas a serem utilizadas em plantios florestais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos, situado no Instituto de Agronomia, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Seropédica/RJ, durante o período de maio a outubro de 2017.

O cascalho de perfuração utilizado foi retirado do poço 7-MGP 98-D BA, localizado no estado da Bahia, no campo de Miranga, na Bacia do Recôncavo.

Para a definição dos tratamentos, foram adotados como base, diferentes doses de cascalho de perfuração (0, 5, 10, 15 e 20%). Além da formulação de combinados de três espécimes de FMA (*Gigaspora margarita* Becker & Hall (GM), *Rhizophagus clarus* Becker & Gerdemann (RC) e *Dentiscutata heterogama* (Nicol & Gerd) Walker & Sanders (DH)), obtidos da Coleção de Fungos Micorrízicos Arbusculares da Embrapa Agrobiologia (COFMEA). As doses de cascalho foram associadas a amostras de terra coletadas de um horizonte superficial de um Planossolo Háptico e esterco bovino, na proporção 4:1, respectivamente. Posteriormente foram coletadas amostras de cada tratamento para a caracterização química dos mesmos (Tabela 1).

Tabela 1: Resultado de análise química dos substratos formulados com terra de subsolo, esterco e diferentes proporções de cascalho de perfuração de poço petrolífero.

Sub.	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	P	Al	H+Al	S	T	V	Na/T
	H ₂ O	ms.cm ⁻¹					mg kg ⁻¹					%	%
			----	cmol _c dm ⁻³ ----				-----	cmol _c dm ⁻³ -----				
0%	5,72	1,38	2,00	2,00	0,14	0,03	20,79	0,00	3,63	4,17	7,80	54	0,38
5%	6,49	8,24	5,10	2,10	0,09	0,77	14,67	0,00	6,11	8,06	14,16	57	5,44
10%	6,36	9,04	5,70	2,30	0,10	1,01	17,10	0,00	5,45	9,12	14,56	61	6,94
15%	6,72	13,32	7,60	0,70	0,11	1,43	17,18	0,00	5,61	9,83	15,44	64	9,26

20% 6,70 16,42 7,40 1,10 0,10 2,33 18,94 0,00 4,79 10,92 15,71 70 14,84
CE = Condutividade elétrica do extrato da pasta saturada.

A quebra de dormência das sementes de *Colubrina glandulosa* foi por imersão em ácido sulfúrico, por quinze minutos. Após a imersão, as sementes foram desinfestadas com peróxido de hidrogênio, por dois minutos. Em seguida, lavadas com água destilada e colocadas em sementeira com areia autoclavada.

Após 15 dias, as plântulas foram transferidas para recipientes plásticos com capacidade de 980 mL. No momento da transferência foi realizada a inoculação com os fungos micorrízicos arbusculares em cada um dos tratamentos. O inóculo foi constituído de 1 grama de solo, contendo aproximadamente 50 esporos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2, com dez tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram em combinações de cinco doses de cascalho de perfuração e foram subdivididos em inoculado e não inoculado, para avaliar o efeito do fungo micorrízico no desenvolvimento da espécie.

Ao término do experimento (120 dias), as mudas foram cortadas na região do colo para separação da parte aérea sistema radicular. Foi determinada a massa seca de cada compartimento. O material foi identificado e acondicionado separadamente em sacos e secas em estufa de circulação forçada a 65°C por 48 horas. Após este período, o material vegetal foi pesado em balança analítica de precisão.

A colonização do sistema radicular pelos fungos foi avaliada, com três repetições. As raízes finas (0,5 g) foram retiradas das plantas vivas de cada tratamento e mantidas em uma solução de etanol (50%) até o processo de branqueamento e de coloração. No processo de branqueamento as raízes foram deixadas em KOH a 2,5%, por 24 horas. Em seguida permaneceram imersas em H₂O₂ alcalina a 3% por 30 minutos, lavadas em água e colocadas em HCl 1%, por 24 horas.

A percentagem do comprimento de raízes finas colonizadas foi avaliada pela técnica de interseção dos quadrantes (GIOVANNETTI & MOSSE, 1980). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott Knott ($p < 0,05$), utilizando o programa Sisvar versão 5.0 (FERREIRA, 2003).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que houve interação significativa entre a dosagem de cascalho utilizada e a combinação de fungos micorrízicos ($\alpha > 0,05$), ou seja, as doses aplicadas resultam em efeitos diferenciados a inoculação (Tabela 2). Foi observada diferença estatística nos parâmetros altura e diâmetro do coleto, entre a testemunha e os tratamentos inoculados com FMAs. A massa da matéria seca total foi o único parâmetro que não apresentou significância com a interação dose e presença de fungo micorrízico arbusculares.

Tabela 2: Médias da análise de variância para os parâmetros altura (H), diâmetro do coleto (DC), matéria seca total (MST) e percentagem de micorrização para a espécie *Colubrina glandulosa* em função das doses de cascalho de perfuração e inoculação de fungos micorrízicos arbusculares.

Tratamentos	H (cm)	DC (mm)	MST(g)	Micorrização (%)
0	7,60 a	3,86 a	2,04 a	0
0 + GRD	9,33 a	3,21 a	2,82 a	14

5	8,33 a	2,51 a	2,34 a	0
5 + GRD	8,60 a	3,19 a	2,52 a	10
10	4,50 b	1,66 b	0,89 b	0
10 + GRD	8,04 a	3,16 a	2,45 a	5
15	4,33 b	1,49 b	0,31 c	0
15 + GRD	5,27 b	1,99 b	0,84 b	4
20	2,83 c	0,98 c	0,10 c	0
20 + GRD	3,53 c	1,60 c	0,40c	2
Dosagem do Cascalho	0	0	0	
Fungo	0	0	0	
Interação	0,01	0	0,18*	
CV(%)	12,70	18,53	34,84	30,24

Os tratamentos consistem em letras que representam as espécies de fungos micorrízicos arbusculares (GRD: *Gigaspora margarita*, *Rhizophagus clarus* e *Dentiscutata heterogama*) seguido de números que representam as dosagens de cascalho (0%, 5%, 10%, 15%, 20%); os números sem letras representam as dosagens com ausência de fungos; a taxa 0 representa o controle absoluto. MST: matéria seca total; DC: diâmetro do caule na superfície do solo. Médias seguidas por diferentes letras minúsculas nas colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Scott Knott ($p = 0,05$). *: significativo em 5%.

Através da análise de regressão pode-se avaliar as respostas distintas às diferentes taxas de cascalho de perfuração e a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, indicado pelas variações da MST (Figura 1).

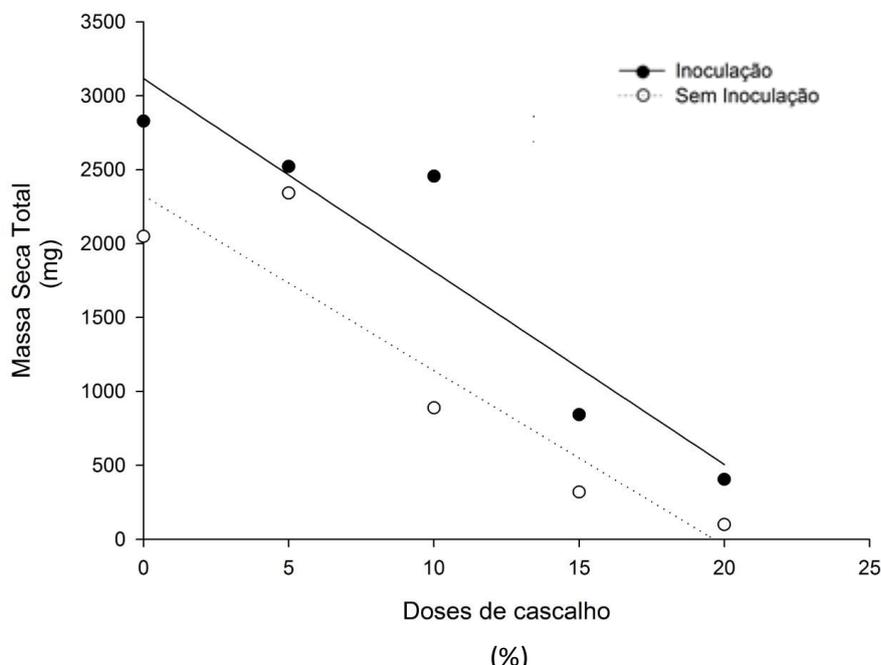


Figura 1: Curvas de respostas da produção de massa da matéria seca total de *Colubrina glandulosa* inoculadas com combinação das três espécies de fungo (*G. margarita*, *R. clarus* e *D. heterogama*), em função das doses de cascalho. A linha pontilhada representa os resultados

dos tratamentos sem inoculação em as doses de cascalho ($\hat{y} = -160,15x + 2263,5$, $R^2 = 0,80$. * Significativo a 1%).

A massa da matéria seca total de *C. glandulosa* inoculada com a combinação de fungos, apresentou uma tendência de redução em função do aumento da dose de cascalho aplicada. Verifica-se que a espécie apresentou um maior ganho de biomassa quando inoculada com FMA. Em seus estudos, França et al (2014) verificaram maiores valores de massa de matéria seca em mudas cafeeiro inoculadas com as espécies de fungos micorrízicos *R. clarus* e *G. margarita*, indicando que a inoculação com fungos favoreceu o crescimento do cafeeiro.

Na figura 2 e apresentada a curva de resposta do incremento de altura em função da dose de cascalho aplicada.

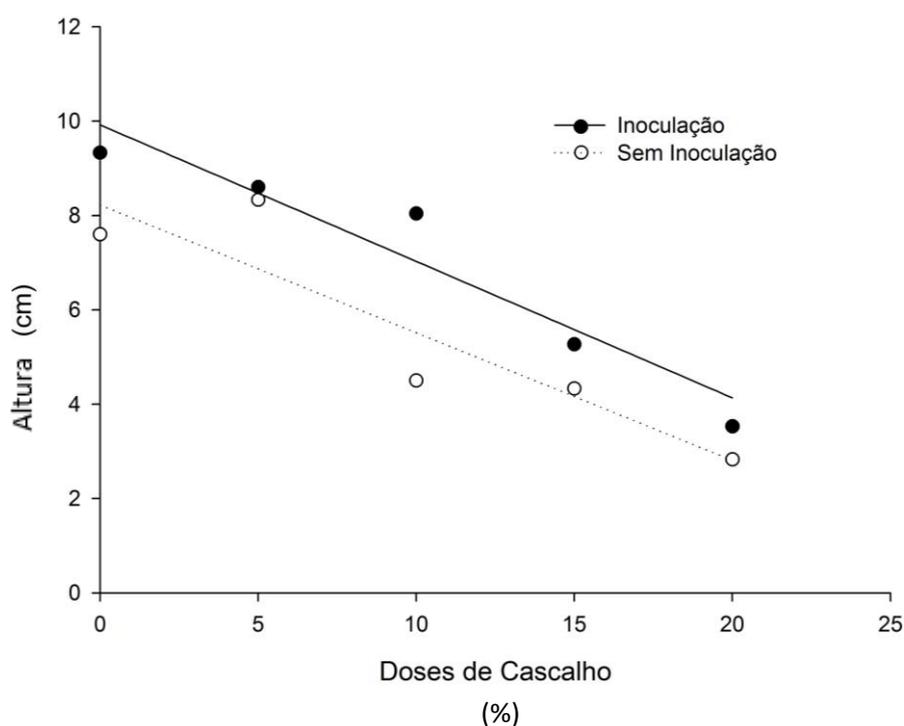


Figura 2: Curvas de respostas da altura de *Colubrina glandulosa*, inoculadas com combinação das três espécies de fungo (*G. margarita*, *R. clarus* e *D. heterogama*), em função das doses de cascalho ($\hat{y} = -0,2984x + 9,9422$, $R^2 = 0,92$). A linha pontilhada representa os resultados dos tratamentos sem inoculação em todos os níveis de doses de cascalhos ($\hat{y} = -0,2707x + 8,2267$, $R^2 = 0,83$. * Significativo a 1%).

Tavares et al. (2012) compararam desenvolvimento vegetativo de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* com inoculação de FMA em condições de estresse salino e concluíram que, apesar dos altos teores de sódio levar à redução da colonização da planta, a associação minimiza os efeitos negativos do íon e a intensificação do estresse aumenta a dependência micorrízica.

Para o parâmetro altura foi verificada interação significativa com o fator inoculação (Figura 2), o que indica que a inoculação favorece o crescimento da espécie, em detrimento as doses de cascalho aplicadas.

Os tratamentos 0%, 5%, 10% de cascalho com inoculação apresentaram maiores valores de altura em comparação aos tratamentos sem inoculação. A partir dos resultados encontrados verifica-se a importância da inoculação para a produção de mudas.

Através da curva de regressão (Figura 3), verifica-se que houve um pequeno incremento no tratamento com menor quantidade de cascalho, com tendência de diminuição em função da dosagem de cascalho aplicada.

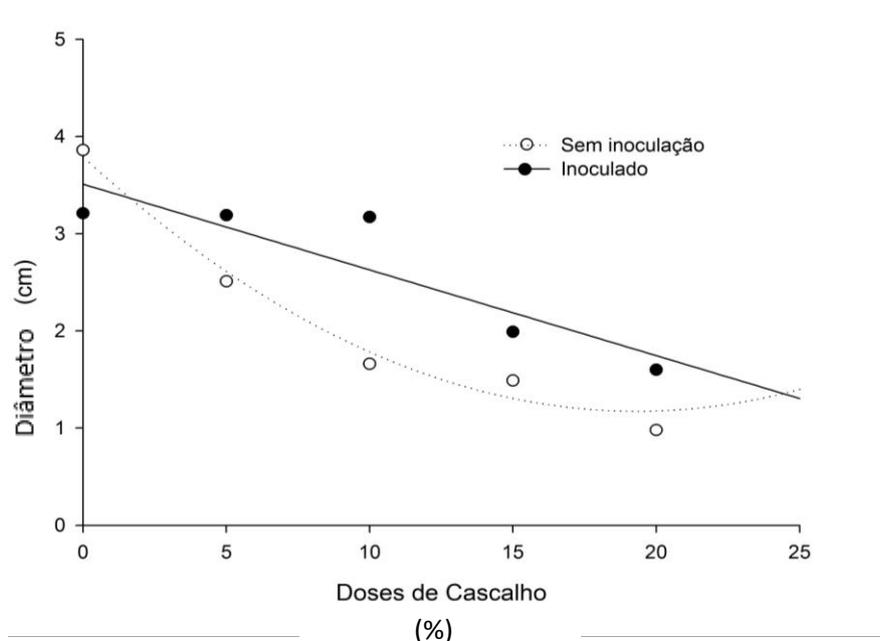


Figura 3: Curvas de respostas do diâmetro de *Colubrina glandulosa*, inoculadas com combinação das três espécies de fungo (*G. margarita*, *R. clarus* e *D. heterogama*), em função das doses de cascalho ($\hat{y} = -0,2984x + 9,9422$, $R^2 = 0,92$). A linha pontilhada representa os resultados dos tratamentos sem inoculação em todos os níveis de doses de cascalhos ($\hat{y} = 0,0068x^2 - 0,2708x + 3,7957$, $R^2 = 0,98$). * Significativo a 1%).

A taxa de colonização para a espécie variou de 4% a 14%. Os tratamentos sem inoculação não apresentaram colonização micorrízica. As condições criadas pelo aumento da dose de cascalho podem ter favorecido uma barreira química para a formação da simbiose (Tabela 1), justificando a baixa colonização. Já que as micorrizas são influenciadas pelo ambiente e por inúmeros fatores edáficos que atuam de modo direto ou indireto na formação, funcionamento e ocorrência das micorrizas (RODRIGUES, 2014).

O aumento da quantidade de sais no substrato pode afetar negativamente a emissão do tubo germinativo por reduzir o potencial osmótico do meio (JUNIPER; ABBOTT, 2006). Isso justifica a baixa colonização encontrada nos tratamentos com maior dose de cascalho, já que nestes foram quantificados elevados valores de CE e percentagem de saturação por Na.

Apesar da baixa colonização a variação no ganho de massa seca indica a resposta da espécie a presença dos fungos. Em certas espécies a taxa de colonização considerada baixa pode apresentar sinais de eficiência para um bom desenvolvimento (KARANIKI et al., 2008).

Caproni et al. (2007) destacam que além do P (fósforo) o pH, os teores de Al e a textura argilosa podem limitar o desenvolvimento e a ocorrência da simbiose dos fungos micorrízicos. Enquanto as espécies de *Acaulospora* podem se estabelecer em uma ampla faixa de pH, a *Entrophospora infrequens* têm preferência por solos ácidos e *Glomus mosseae* por

solos neutros a levemente alcalinos (SILVA et al., 2007).

A disponibilidade do P nos substratos não promoveu nenhuma influência negativa sobre a formação da simbiose. Legay et al. (2016), destaca que quando existe alteração das condições ambientais nativas da planta hospedeira a fertilização pode não ser o principal controlador.

Entre os substratos formados, a espécie foi favorecida naqueles com menores doses de cascalho e com maiores concentrações de solo e esterco. Essas características podem ter favorecido uma disponibilidade mais balanceada de nutrientes e promovendo uma maior eficiência da simbiose favorecendo a atividade dos fungos micorrízicos.

Dias & Blanco (2010) explicam que, de modo geral, a alta concentração de sódio trocável dificulta a permeabilidade do solo, causando encharcamento na superfície do solo e, conseqüentemente, falta de aeração. Nesse contexto, com a alta concentração de carbonato de sódio, o pH do solo alcançará valores elevados e como reflexo haverá a diminuição na disponibilidade de zinco, cobre, manganês, ferro e boro, podendo ocorrer deficiência nas plantas cultivadas nessas condições, principalmente se em pequenas quantidades. Por fim, o crescimento da planta é influenciado não diretamente pelo excesso de carbonato de sódio, mas pelo seu efeito sobre o pH do solo.

5. CONCLUSÕES

O crescimento em altura e diâmetro do coleto de Colubrina glandulosa foi afetado a partir da dosagem de cascalho a 10%, ocorrendo a redução gradativa do desenvolvimento da espécie.

Os tratamentos com doses de até 10% com o combinado de fungos micorrízicos arbusculares (*Gigaspora margarita*, *Rhizophagus clarus* e *Dentiscutata heterogama*) apresentaram crescimento igual em altura, diâmetro e massa seca total.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARARUNA, JR., J.; BURLINI, P.; Gerenciamento de resíduos na indústria de petróleo e gás. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 1-76.

AQUINO, F. N. P. M.; COSTA, L. F. L. G. Riscos ambientais em uma sonda de perfuração de petróleo *onshore* na unidade de negócios - RN/CE –Mossoró/RN. **HOLOS**, v. 27, n. 3, p. 64, 2011.

BALL, A. S.; STEWART, R. J.; SCHLIEPHAKE, K.; A review of the current options for the treatment and safe disposal of disposal of drill cuttings. **Journal Waste Management & Research**, v. 30, p.457-473, 2012.

BARNAWAL, D.; et al. ACC deaminase-containing *Arthrobacter protophormiae* induces NaCl stress tolerance through reduced ACC oxidase activity and ethylene production resulting in improved nodulation and mycorrhization in *Pisum sativum*. **Physiology**, v. 171, n. 1, p. 884-894, 2014.

BRUNDRETT M.C. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. **Plant and Soil**, v.320, p. 37–77, 2009.

CAENN, R.; DARLEY, H. C. H.; GRAY, G. R.; Composition and properties of Drilling and Completion Fluids. In: _____. **Introduction to Drilling Fluids**. 6 ed. Oxford: Gulf Professional Publishing, 2011. p. 1-37.

CNCFlora. *Colubrina glandulosa* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Colubrina glandulosa](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Colubrina%20glandulosa)>. Acesso em 13 outubro 2017

CAPRONI, A. L. et al. Ocorrência de Fungos Micorrízicos Arbusculares em resíduo da mineração de bauxita revegetado com espécies arbóreas, **Acta botânica brasílica**, v. 21, p. 99-106, 2007.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. EMBRAPA: Brasília, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Sobrasil (Circular Técnica 106)**. EMBRAPA: Colombo (PR), 2005. 10 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. 1. ed. Brasília: CNPF-Embrapa, 1994, 640 p.

CAVALHEIRO, A. L.; PIMENTA, J. A.; TOREZAN, J. M. D. Effect of some physical and chemical treatments on germination of *Colubrina glandulosa* seeds. **Seed Sci. Technol.**, v. 35, n. 3, p. 744-748, 2007

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p.129-141.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J.C.B. **Recomposição de matas ciliares: orientações básicas**. São Paulo: Instituto Florestal/ Série Registros, n.4, p.14, 1990.

FERREIRA, D. F. Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos – SISVAR 5.0 (Build 67). Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FIALHO, P. F. **Cascalho de perfuração de poços de petróleo e gás. Estudo do potencial de aplicação em concreto**. 2012. 217 f. Dissertação de (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

FRANÇA, A. C., et. al. Crescimento de mudas de cafeeiro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.4, p. 506-511, 2014.

FREITAS, F. C. D. **Caracterização química de cascalhos de perfuração de poços de petróleo e seus efeitos em plantas e nas bases trocáveis do solo**. 2013. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

GIOVANETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v.84, n.3, p.489-500, 1980.

GOETTEN, L. C., MORETTO, G.; STURMER, S. L. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi inoculum produced on-farm and phosphorus on growth and nutrition of native woody plant species from Brazil. **Acta Bot. Bras.**, v. 30, n. 1, p. 9-16, 2016

HOELTGEBAUM, M. P., SEVEGNANI, L. & HIRANO, Z. M. B. Alimento para o *Alouatta fusca* (Primata, *Cebidae*) Morro Geisler, Indaial, SC. In Programa de Resumos 50º Congresso Nacional de Botânica. Blumenau, Sociedade Botânica do Brasil/Universidade Regional de Blumenau, 1999. p.196.

JUNIPER, S.; ABBOUTT, L.K. Soil salinity delays germination and limits growth of hyphae from spores of arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycorrhiza**, v.16, n.5, p.371-9, 2006.

KARANIKI, E. D., et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in northern Greece and influence of soil resources on their colonization. **Pedobiologia**, v. 51, n. 5, p. 409-418, 2008.

LEGAY, N., et al. Plant species identities and fertilization influence on arbuscular mycorrhizal fungal colonisation and soil bacterial activities. **Applied Soil Ecology**, v.98, p. 132–139, 2016.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 382 p.

MARTINS, S. S. S., SILVA, M. P., AZEVEDO, M. O., SILVA, V. P., Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. **HOLOS**, v., p. 55-74, 2015.

MAGALHÃES, M.; **Dinâmica do Bário em solos contaminados por resíduos oriundos da perfuração de poços de petróleo**. 2011. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

MIRANSARI, M.; et al. Using arbuscular mycorrhiza to alleviate the stress of soil compaction on wheat (*Triticum aestivum* L.) growth. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, n. 5, p. 1197-1206, 2008.

MI SWACO, Disponível em: <http://www.slb.com/services/drilling.asp> Acesso em: out. 2017.

MORAES, M. A. de. **Estudo Geoquímico, Ecotoxicológico do sedimento nas proximidades de um poço de perfuração na Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil**. 2010. 157 f. Dissertação (Mestrado em geociências) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.

MOHAN, J. E.; et al. Mycorrhizal fungi mediation of terrestrial ecosystem responses to global change: mini-review. **Fungal Ecology**, v. 10, p. 3-19, 2014.

MUNIER-LAMY, C; et al. Selenium bioavailability and uptake as affected by four different plants in a loamy clay soil with particular attention to mycorrhizae inoculated ryegrass. **Journaul of Environmental Radioactivity**, v. 97, p. 148-158, 2007.

PAGES, P. W.; et al. Options for the Recycling of Drill Cuttings. **In: SPE/EPA/DOE Exploration and Production Environmental**. Society of Petroleum Engineers, 2003.

PRESOTTO, R. A. **Efeito da Salinidade do Cascalho de Perfuração de Poços de Petróleo no Cultivo de Girassol**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

PETROBRAS. **Áreas de atuação exploração e produção de petróleo e gás**. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/> Acesso em: out. de 2017.

RILLIG, M.C. Arbuscular mycorrhizae, glomalin and soil quality. **Can. J. Soil Sci.**, v. 84, p. 355-363, 2004.

SCORIZA, R. N.; CORREIA, M. E. F.; SILVA, E. M. R. Colembolos e fungos micorrizicos arbusculares como indicadores de degradação em fragmentos florestais de encosta. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal**, v. 59, n. 4, p. 386-392, 2017.

SILVA, D. N. N.; **Tratamento de cascalho de perfuração utilizando sistemas microemulsionados**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SILVA, L. X., et. al. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas de plantio de leucena e sábia no estado de Pernambuco. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 427-435, 2007.

SILVEIRA, S. V.; SOUZA, P. V. D.; KOLLER, O. C. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento do abacateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1597-1604, 2002

SOUSA, T.G.D. **Estudo da viabilidade técnica da implantação de uma empresa de elaboração de projetos na área de preservação ambiental e uso sustentável da madeira de lei em Brasília – DF**. 2008. Monografia (Graduação em Agronomia) UPIS - Faculdades Integradas, Distrito Federal.

SOUSA, G. G. & JERÔNIMO, C. E. M. Análise Preliminar de Riscos Ambientais para Atividades Relacionadas a Perfuração de um Poço de Petróleo Terrestre. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v.14, n.3, p.3265-3277, 2014.

SOUZA, V.C. & LORENZI, H. Botânica Sistemática: Guia Ilustrado para Identificação das Famílias de Angiospermas da Flora Brasileira, Baseado em APG II. .1. ed. **Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda**, p. 640, 2005.

TAVARES, R. C, MENDES FILHO P. F, LACERDA C. F, SILVA J. Colonização micorrízica e nodulação radicular em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.3 p.409-416, 2012.

RODRIGUES, L. G. S. M.; GOI, S. R.; RODRIGUES, F. M. Associação micorrízica como uma estratégia para o estabelecimento de espécies em áreas impactadas. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v.1, n.1, p.7-16, 2014.

TANG, J.; XU, L.; CHEN, X. & HU, S. Interaction between C4 barnyard grass and C3 upland rice under elevated CO₂: Impact of mycorrhizae. **Acta Oecologica**, v.35, n.2, p. 227-235, 2009.

TOLEDO, A. L. L. Comportamento geotécnico de misturas de solo e resíduos de perfuração *onshore*. 2014. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014

VAN DER HEIJDEN, M. G. A., BOLLER, T., WIENKEN, A. SANDERS, I. R. Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. **Ecology**, v. 79, n.6, p. 2082-2091, 1998.

VALLINO, M.; MASSA, N.; LUMINI, E.; BIANCIOTTO, V.; BERTA, G. & BONFANTE, P. Assessment of arbuscular mycorrhizal fungal diversity in roots of *Solidago gigantea* growing in a polluted soil in Northern Italy. **Environ. Microbiol.**, v. 8, p. 971-983, 2006.