

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**

**VANESSA DINA CAVALCANTE BARROS**

**LEGUMINOSAS COMO FONTE DE NITROGÊNIO PARA O MILHO  
EM PERNAMBUCO**

**RECIFE**

**2019**



Vanessa Dina Cavalcante Barros

Bióloga

**Leguminosas como fonte de nitrogênio para o milho em Pernambuco**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo.

Orientador:

Prof. Dr. Mario de Andrade Lira Junior

Coorientadores:

Dr. Antonio Félix da Costa

Prof. Dr. Vicente Imbroisi Teixeira

**Recife**

**2019**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Centra, Recife-PE, Brasil

C277L Barros, Vanessa Dina Cavalcante  
Leguminosas como fonte de nitrogênio para o milho em  
Pernambuco / Vanessa Dina Cavalcante Barros. – 2019.  
75 f. : il.

Orientador: Mario de Andrade Lira Junior.

Coorientadores: Antonio Félix da Costa, Vicente Imbroisi  
Teixeira.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo,  
Recife, BR-PE, 2019.

Inclui referências.

1. Milho 2. Leguminosa 3. Biomassa 4. Adubo verde 5. Humus  
6. Solos – Qualidade I. Lira Junior, Mario de Andrade, orient.  
II. Costa, Antonio Félix da, coorient. III. Teixeira, Vicente Imbroisi,  
coorient. IV. Título

CDD 631.4

VANESSA DINA CAVALCANTE BARROS

**Leguminosas como fonte de nitrogênio para o milho em Pernambuco**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo.

Aprovada em 28 de Fevereiro de 2019

---

Prof. Dr. Mario de Andrade Lira Junior  
Orientador  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

BANCA EXAMINADORA

---

Dr<sup>a</sup>. Ana Dolores Santiago de Freitas  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Dr. Felipe José Cury Fracetto  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr. Newton Pereira Stamford  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Dr<sup>a</sup>. Carolina Etienne Rosália e Silva Santos  
Universidade Federal Rural de Pernambuco



## **DEDICATÓRIA**

Aos meus amigos Francisca Cíntia Aguiar Eufrásio, Jackson Rafael de Oliveira Peixoto, Mércia Maria Bôto Ponte e Paulo Victor de Oliveira, pela nossa irmandade, fonte de inspiração e constante apoio nos diferentes desafios ao longo da minha vida.

### **DEDICO**

Aos meus alunos, pelo carinho demonstrado e principalmente, pela confiança depositada em mim. OFEREÇO



## AGRADECIMENTOS

O meu primeiro agradecimento é a Deus e a tudo que rege este universo que contribuiu para que eu chegasse até este momento tão importante da minha existência.

Ao meu querido orientador, mestre, mentor, patrão e líder, professor Doutor Mario de Andrade Lira Junior, pela orientação durante todo o meu estudo e trabalho dentro e fora da pós-graduação, por me ajudar a caminhar dentro dos muros da realidade, por me ajudar a crescer quanto pessoa e como profissional e principalmente por nunca ter ‘passado a mão na minha cabeça’ cuja imparcialidade me permitiu ver meus erros com facilidade e assim eu ter a chance de melhorar como pessoa e como cientista, se é que esta separação é possível.

Agradeço ao Apoio acadêmico da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE por toda a sua estrutura física: salas de aula, banheiros, bibliotecas e restaurante universitário sempre limpos e organizados com profissionais simpáticos e agradáveis prontos a atender as problemáticas próprias do alunado. A estrutura física proporcionada pela instituição me ajudou a manter a minha integridade biológica para que eu pudesse desenvolver as atividades do dia-a-dia com afinco.

Nesta faço um agradecimento especial Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo-PGS que mesmo inserido dentro do Departamento de Agronomia-DEPA apresenta uma visão holística da ciência como um todo, apoiando e acolhendo alunos de outras áreas de atuação, o que oferece iguais condições a todos, inclusive para quem vem de outras universidades, como é o meu caso. Obrigada por ter me permitido visitar outro campo de atuação profissional e aprimorar meus conhecimentos!

A todos os funcionários do PGS-DEPA-UFRPE em especial a Maria do Socorro por todo apoio e compreensão em momentos de dificuldade. E a coordenadora Senhora Adna e toda sua equipe de trabalho da Sol, em especial a Senhora Paula e Seu Antônio. Por todo o apoio e o carinho agradeço e nunca esquecerei de inclui-los em minhas orações.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro e concessão de bolsa de estudo. O recebimento das mensalidades me permitiu dedicação exclusiva para o aprimoramento das minhas competências intelectuais. Podem ter certeza que este investimento retornará a educação pública no nordeste a qual eu pretendo servir com lealdade até o dia da minha aposentadoria (ou talvez mais).

Agradeço ao Apoio financeiro: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Agradeço ao apoio oferecido pela Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST - UFRPE na presença do coorientador Vicente Imbroisi Teixeira que é professor do quadro e foi primordial na elaboração do projeto e também ao apoio institucional da University of Florida – USA através do Professor Doutor Dubeux.

Agradeço ao apoio da extensão da UFRPE localizada em Carpina-PE com uso da área da Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina (EECAC) no ano de 2017 e 2018. Em especial, ao Doutor Djalma Euzébio Simões Neto que na condição de coordenador abriu as portas do ECCAC para que a pesquisa pudesse ser desenvolvida conforme área territorial com tempo necessário para a mesma se desenvolver em sua plenitude.

Ao Professor Doutor Emídio Cantídio Almeida de Oliveira pelo apoio financeiro e motivacional durante o experimento de campo no ECCAC. A atual responsável pelo laboratório de solos, minha colega de turma e parceira D Sc Nathalia Sobral Bezerra e os queridos Anunciada e Benedito, e em especial, pelas gargalhadas e dias felizes de trabalho duro porém bastante agradáveis.

Ao apoio estrutural do ECCAC e as amigas que lá fiz, em especial, gostaria de agradecer a Mariluce Maria Ribeiro pela amizade e ainda à Rosana Carla, Suzana Maria e Celina Maria pelos lanches, bate papos, empréstimos, favores e ajuda durante os dois anos das minhas frequentes idas a estação.

Ao acolhimento em minha chegada ao ECCAC dos colegas Leonam José da Silva e M Sc Amaro Epifânio Pereira Silva, D Sc Ismael Gaião da Costa, M Sc Evanilson Paulino da Silva. A este último agradeço em especial por ter abraçado junto comigo todo o trabalho de campo.

Ao Doutor Antonio Félix da Costa pela receptiva inclusão da minha pessoa a sua equipe de trabalho em especial às duas amigas que ganhei: Emmanuelle Rodrigues Araújo e Katiane da Rosa Gomes da Silva, por toda a ajuda profissional que vem concedendo desde o mestrado com concessão de sementes e apoio logístico a viagens, bem como, pela atenção disponibilizada a cerca deste trabalho e tantas e tantas, palavras de motivação. Não teve um só encontro que eu não tenha sido agraciada por um motivacional seu, por tudo e mais um pouco o mínimo que posso fazer é agradecer: Obrigada, obrigada!

A todas as amigas adquiridas nos laboratórios do IPA: LAPRA, principalmente a Doutora Arminda Saconi Messias, ao M Sc Fabio Cesar Teixeira de Santana e a queridíssima

Marilene, bem como toda a equipe do LAS cuja ajuda foi essencial para o desenvolvimento inicial da tese, neste momento vai meu agradecimento especial a Doutora Vânia. Obrigada!

Agradeço também aos demais apoios institucionais e financeiros advindos de outros programas de pós graduação como o DZ e Agrícola, em especial ao Toni carvalho de Souza e a professora Valéria Apolinário. O aprendizado proporcionado nos departamentos me ajudou amadurecer intelectualmente e a desenvolver importantes amizades.

Agradeço, também, a toda equipe da UFPE: Ana Milena Silva e Marina Vidal que com carinho e atenção ajudaram no que foi possível, ao Gilberto Eloi do Nascimento (Técnico de Laboratório) e especialmente ao Doutor Dário Costa Primo, por toda atenção e ensinamentos diários feitos de forma tão generosa.

Agradeço especialmente ao meu pai de coração, o professor Doutor Brivaldo Gomes de Almeida cujo carinho estendo a minha querida mãe Ceres, amo vocês! Obrigada por todos os conselhos de vida, belíssimo exemplo de ser humano e a todo o carinho e experiências compartilhadas em nossa agradabilíssima convivência.

Ao lindo casal de professores: Fernando e Betânia Freire, a esta tenho profunda admiração não só como cientista mas como cientista mulher com carreira consolidada e praticante de uma simplicidade ímpar. Agradeço o exemplo como professora mas principalmente como mulher vitoriosa!

Aos grandes mestres da minha vida, meus professores: Elnatan Bezerra de Souza, Ivanilza Moreira de Andrade, Maria Helena Alves, João Ambrósio de Araújo Filho e Clístenes Williams Araújo do Nascimento, Valdomiro Severino de Souza Júnior. A todos agradeço pela sabedoria compartilhada e disciplina ensinada durante minha formação.

Gostaria de fazer um agradecimento especial ao amado Pedro Rangel Soares por ter abraçado de corpo, alma e coração o doutorado comigo, não medindo esforços para me apoiar e incentivar no dia-a-dia com muita garra e presteza mas contudo com muito amor. Saiba que isto foi visto e valorizado. Obrigado pela admiração e por seguir sempre acreditando mais em mim do que eu mesma. Deus te abençoe!

A Maria Mota Bastos (*in memória*), a minha querida vovó Dona Nelta agradeço por compartilhar sua vida comigo através dos relatos de suas experiências e me ter presenteado com pouco do muito de sua sabedoria, hoje sigo com suas máximas diariamente e irei ensiná-las por onde eu for. Agradeço os bons conselhos contudo o mais importante é que se tive um amor verdadeiro nessa vida, com certeza foi do seu amoroso coração.

A toda a minha família, em especial minha maravilhosa tia Genelda Leilan Cavalcante Steinauer e a minha prima predileta Layla Catarina Cavalcante Steinauer por sempre

ter me apoiado em meu sacerdócio científico, mesmo sofrendo minha ausência sempre tentou disfarçar para me dar força para continuar morando longe dos meus. Obrigada pelo presente após o mestrado e pelos blazers europeus, seu bom gosto regado de boas lembranças ajudou a me encorajar em minhas apresentações públicas.

A minha querida prima Mikaelly Karine Cavalcante e seu esposo Jean De Lemos Cid, que juntos nos deram de presente as preciosidades que hoje alegam nossas vidas: Valentina Freire Lemos Cid e Yohan Cavalcante Lemos Cid. Ao meu primo Yuri Freires Braga pela confiança a mim dada em nossas breves conversas de férias em Fortaleza e a minha prima Lhana Roana Cavalcante Freire por todas as dicas de beleza e idiomas fornecidas de modo doce e contínuo. Meu coração tem muita alegria por vocês fazerem parte da minha vida!

Agradecimento especial ao meu primo Ataíde Nunes Bastos e sua esposa Josiane Rodrigues Pernambuco Bastos e seu lindo filho Abner Pernambuco Bastos. Vocês são um exemplo que a nova geração sabe criar lares amorosos e cheios de cumplicidade. Parabéns!

Ao meu querido e amado tio Nelson Willer Mota Cavalcante, sua esposa Maria Eugelanja Madeira Souza e filhos Keoma Keyson Lima Cavalcante e Kauan Lima Cavalcante. Obrigada por me acompanhar nas minhas idas e vindas em busca de novas seleções, concursos e viagens a congressos. O apoio de vocês sempre foi essencial. Obrigada!

À minha tia Vania Maria Cavalcante Carriel e seu esposo Roberto Carriel com minhas primas Ana Beatriz Cavalcante Carriel, Ana Carolina Cavalcante Carriel, Ana Camila Cavalcante Carriel e seu filho Pedro Davi Carriel Galera. Parabéns pela linda família que formaram e obrigada pelo bom exemplo de convívio familiar!

À minha tia Francisca Auriliam Bastos Mota Apolonio e seu esposo Joel Apolonio. Aos meus primos Aurélio Bastos Mota (Em Memória) e Suzinelta Bastos Mota, pelos momentos de felicidade compartilhado, em especial, agradeço a lealdade da minha prima que para tudo e desde a infância sempre ficou ao meu lado. Grata!

Ao meu tio Francisco Antonio Bastos Mota e sua esposa Neila Bissera e seu lindo filho Thiago Bissera Bastos. E aos meus primos Camila, Cadson Mesquita Bastos e Thais Nunes Bastos Pinheiro. Que Deus continue os abençoando!

Às minhas mulheres de personalidade e força: tia Elizandra Mota Dos Santos e primas Virginia Nazaré Santos Pereira Bizerril e Jessica Santos Cunha, tia Maria José Mota Macedo e primas Tamara Mota Macedo e Priscila Mota Macedo. Vocês são lindas!

Ao meu poético tio Francisco Sérgio Mota Dos Santos e sua esposa Vanessa Nunes Cordeiro Leal e seu belíssimo filho Sean Holanda. Aos meus queridos tios Daniel Mota Dos

Santos e Francisca Selma Vieira Araujo dos Santos, José Altamiro Carrilho Mota dos Santos e Pedrina Maria Freire Dos Santos. Obrigada pela torcida!

Ao generoso Robson Rogério Ávila Matos e toda a sua família, em especial, a sua mãe Orleangela Ávila Matos por ser um exemplo de mulher de fé e amor a Deus e ao próximo. Obrigada pelas palavras de brandura e de tranquilidade.

As minhas queridas irmãs: Sheyla Mara por ser fonte de inspiração na luta da profissão bióloga e Jéssica Amélia por continuar a ser uma razão de viver, amar e ser feliz (*carpe diem*): Não há um só dia que não pense em você e em como ter você por perto me faz realmente feliz! ♪Só enquanto eu respirar...♪

Ao meu segundo pai terreno, o tenente Felipe Augusto do S. Coqueiro, por ter me amado, adotado, cuidado e mantido em sua vida com muito carinho mesmo sem ter obrigação disto. Tenho certeza que dos seus ensinamentos surgiram meu amor pela Pátria, meu respeito pelas florestas, minha responsabilidade pelos animais e lealdade com os meus, além da minha disciplina, foco na vida e coragem para a guerra, mesmo sabendo que, por vezes, algumas batalhas podem ser perdidas. Te amo!

Aos meus geradores carnis, Anizia Leilene Cavalcante Barros e Severino Barros da Silva por me fornecer bons exemplos de resiliência na sociedade e a crença do poder da fé em Deus e em si mesmo. Agradeço mamãe pela inspiração, criatividade artística e energias positivas. Amo você!

Aos meus fiéis irmãos de coração e escoteiros de formação: Cristiane C. Timbó, Francisca Cíntia A. Eufrásio, Ingrid H'Oara Carvalho Vaz da Silva, Isaura Cristine Almeida Camelo, Gleiciany Sena Gomes da Costa, Jackson Rafael Oliveira Peixoto, Maria Gleiciane de Queiroz Martins, Mércia Maria Bôto Ponte, Merivalda Doroteu da Silva, Paulo Victor de Oliveira, Ricardo Basto Souza e Valdívvia Maria Aragão Silva. Agradeço a fraternidade de uma vida.

Aos componentes da nossa família feliz: Valdívvia Maria Aragão Silva e sua princesinha Pietra Aragão Hardy e ao casal de amigos Géssica Dias Pereira de Oliveira e Marcos Vinícius de Oliveira Costa e a sua linda princesa Ana Luísa Dias de Oliveira. À vocês é difícil dar o título de amigos pois para mim já são como irmãos. E o foco é ser feliz...

À queridíssima Fernanda Carvalho Brito Silva e seus pais Antonio Lima da Silva e Cicera Maria Carvalho Brito da Silva pelo acolhimento e frases de incentivo durante momentos críticos da minha profissão.

Aos amigos proporcionados pela UFRPE desde 2009: Raissa P. Vicentin, Cybelle S. de Oliveira, Clayton A. de Souza, Érika S. A. Graciano, Raiana Lira Cabral, Rosângela S. de

Santana, Marilúcia de Jesus Santos, Monaliza Alves dos Santos, Emmanuella Vila Nova da Silva, Edivan Uchôa Cavalcanti da Costa, Sebastião da S. Junior, Renato L. dos Santos, Victor C. Piscoya, Laércio Vieira de Melo Wanderley Neves, Renato Lemos dos Santos e especialmente Danúbia Ramos Moreira de Lima.

A turma 2015.1. e demais colegas que alegraram tanto os meus dias: Mayame de Brito Santana, Victor, Aleksandro Ferreira da Silva, Géssica Oliveira, Jamilly, Janyelle de Oliveira Lemos, em especial a minha parceira para todos os desafios, minha mais radiante amiga Juscélia da Silva Ferreira.

A todos os colegas da pós agradeço pelas horas de estudo e compartilhamento de material para que pudéssemos estudar, pelos abraços nos corredores e os ombros para que eu pudesse ter onde chorar, pelo acompanhamento no almoço e lanches para espantar a solidão e dar algum sabor ao alimento. Agradeço por compartilharem parte das suas histórias e estórias comigo e peço desculpa por qualquer falta minha.

Aos amigos do laboratório de química do solo Manu, Alcione, Flavio, Joao, Valeria, Danubia, Guilherme, Clarissa por todas as trocas de informações, especialmente ao técnico Pedro por todo apoio prático e operacional.

Aos amigos do laboratório de física do solo Thais, Cintia, Pablo, Danilo, Hidelblandi Farias de Melo, Cintia, em especial a Aglair Cardoso Alves por toda o apoio, honestidade e compreensão. Aos amigos do laboratório de microbiologia Tiago e Cintia e especial ao Petrônio por sua sinceridade e compromisso com o trabalho.

Aos meus colegas Wildson de Moraes Silva e Robson Hortencio de Lima da área de fertilidade do solo e em especial Amanda e Magda Aline da Silva por ser um exemplo de mulheres novas e guerreiras dentro da Ciência do solo e nesse mesmo contexto não poderia deixar de mencionar a minha querida amiga Ariane Marcia de Sousa por ter me oferecido uma amizade sincera e despretensiosa por todos esses anos.

Aos amigos da área de microbiologia do PGS: Leonardo, Jessica, Sueide, Jamille, Augusto, Wagner em especial Manuvilla. Ainda, agradeço à querida professora Ana Dolores por sempre estar disposta a compartilhar conhecimento e pela amizade dedicada aos alunos.

A todos do laboratório de química ambiental Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva, Yuri Jacques Agra Bezerra da Silva, Simone Aparecida da Silva Lins, Marina Monteiro Feitosa em especial minha querida amiga Rayanna Jacques Agra Bezerra da Silva por me alegrar e motivar a correr!

Ao grupo de trabalho: Adriana Bezerra Dos Santos, Ítalo Augusto Férrer Melo Santos, Johny De Jesus Mendonça, Mariana Brito Silva, Michele e agradeço especialmente

Leonardo, Landson, Carina, Hugo, Amanda e meu pupilo Danilo cujo tenho certeza que terá um futuro brilhante dentro da universidade. Agradeço aos alunos do curso tecnológico Yan e Luana, muito obrigada pelo carinho e confiança.

Agradeço a essencial colaboração em momentos críticos do trabalho do professor Doutor Felipe Fracetto e ao Dr. Marcos Siqueira Neto por todo o apoio. Além disso, não posso deixar de expandir meus agradecimentos à charmosa professora Giselle Fracetto, sou muito grata por sua amizade, e quem diria que esta iria começar com uma gata chamada pipoca. Obrigada por tudo, especialmente pela paciência comigo!

Ao grupo de educação ambiental: em especial minhas amigas e desbravadoras: Thais e Eva e a minha querida tia de coração e mentora de todo o projeto Carol Biondi a quem todos temos muito a agradecer, contudo, eu agradeço principalmente pelo sorriso! Acredite, ele faz toda a diferença! Agradeço por me fazer re-creditar que é possível realizar projetos e extensão e que apesar dos nossos passos serem lentos eles são significativos e acredito obteremos sucesso no final da nossa caminhada (que esperamos não ter final).

Agradeço aos meus colegas de carreira de magistério: Paulo Henrique de Souza Martins, Marjorye Pryncyla Pereira Rocha Sipaúba, Fábio Silva Sipaúba e especialmente, ao Professor Francisco Evandro Oliveira Moreira por todo apoio e empatia. Obrigada!

Também agradeço àqueles que não acreditaram em mim, pois em momentos de indignação e decepção do sistema foram uma forte motivação para eu continuar almejando vencer para poder no futuro fazer alguma diferença.

Antes de encerrar, gostaria de me desculpar com aqueles que esperavam mais de mim, tenham certeza que este trabalho foi uma fonte de aprimoramento pessoal e que me doe o máximo que poderia, mesmo que não tenha sido o suficiente. Nunca é o suficiente!

Por último, preciso me desculpar pelo distanciamento de minha irmã Jéssica, mesmo ausente busquei a Deus em minhas orações para orientá-la.

Gratidão



## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

VANESSA DINA CAVALCANTE BARROS, natural de Itapajé-CE, graduou-se em Licenciatura plena em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Vale do Acaraú em dezembro de 2008. Em fevereiro de 2012 concluiu o curso de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo-PGS no Departamento de Agronomia-DEPA da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE. Neste mesmo programa ingressou no doutorado em janeiro de 2015 com previsão de finalização para fevereiro de 2019.



*“Também seis anos semearás a tua terra, e recolherás os seus frutos: Mas ao sétimo a soltarás e deixarás descansar, para que possam comer os pobres do teu povo, e do sobejo comam os animais do campo” Ex 23.10,11*



## Leguminosas como fonte de nitrogênio para o milho em Pernambuco

### RESUMO

O uso de leguminosas na agricultura é vantajoso e lucrativo pois traz ganhos de produtividade com benefícios simultâneos para o solo e meio ambiente se configurando como algo economicamente possível e ecologicamente aceitável. Nesse sentido, a adubação verde com leguminosas pode vir a ser uma das propostas mais viáveis para os novos rumos da agricultura sustentável em ambientes tropicais. A diversidade de espécies de leguminosas permite uma ampla utilização como cobertura vegetal viva e morta, configurando diferentes práticas agronômicas com efeitos benéficos para o solo, como a retenção de C e N, que se estendem para uma maior produtividade nos cultivos subsequentes. Assim, a inserção de leguminosas forrageiras ou graníferas em um sistema de culturas pode aumentar a produtividade da cultura principal e beneficiar o agricultor. Neste sentido, esta pesquisa visou avaliar feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), caupi (*Vigna unguiculata*), amendoim (*Arachis hypogaea*), Estilosantes campo grande (*Stylosanthes* spp.), calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), mucuna preta (*Stylobium aterrimum*) e crotalária (*Crotalaria juncea*), no milho subsequente, bem como seus efeitos na biomassa e atividade da microbiota nativa do solo e teores de C e N no solo. De modo breve pode-se perceber que o uso de leguminosas na adubação verde, independentemente da espécie, melhora a qualidade do solo com menores perdas de C-solo com ganhos de N-solo e que a presença da cobertura morta de leguminosas retém mais C-BMS do que a cobertura viva de leguminosas sendo mais sensível que C-total, confirmando a necessidade de abordar os indicadores microbiológicos de qualidade do solo principalmente em ecossistemas tropicais. Outro ponto importante é que o uso de leguminosas como adubo verde fornece ganhos de produção no cultivo principal e portanto merece atenção como no caso do amendoim que também funciona como fonte de renda. Leguminosas de uso típico para adubação verde tendem a apresentar alta produção de biomassa e assim consequentemente proporcionar maior produtividade para as culturas subsequentes.

**Palavras-chave:** *Zea mays*. Fabaceae. Biomassa. Adubo verde. Matéria Orgânica do solo.



## Legumes as nitrogen sources for corn in Pernambuco

### ABSTRACT

Legume use in agriculture is advantageous and lucrative since it brings yield gains with simultaneous benefits to soil and environment, being thus economically possible and ecologically acceptable. To this end, legume green manuring might be one of the most viable proposals to the new paths of sustainable agriculture in tropical environments. Legume species diversity allows ample usage as live or dead vegetation cover, configuring different agronomical practices with beneficial effects on soil such as C and N retention, which result on yield gains for subsequent crops. So, including forage or grain legumes in a cropping system might increase main crop yield and benefit the farmer. This research, thus, aims to evaluate common beans (*Phaseolus vulgaris*), cowpea (*Vigna unguiculata*), peanuts (*Arachis hypogaea*), Campo Grande stylo (*Stylosanthes spp*), calopo (*Calopogonium mucunoides*), black velvet (*Stylobium aterrimum*) and sunn hemp (*Crotalaria juncea*) in subsequent corn, as well as their effects on native soil microbial biomass and activity and soil C and N contents. In short, green manure legumes, independently of the species, enhanced soil quality, with lower soil C losses and soil N gains and that dead legume cover retains more soil C than live cover being more sensitive than total C, confirming thus the need to study microbiological indicators of soil quality particularly in tropical ecosystems. Another important aspect is that green manure legume usage increases yield in the major crop, and so deserve attention as in peanuts, which also acts as an income source. Legumes typically used for green manure tend to show high biomass yield, and consequently allow higher yield for the subsequent cultures.

**Keywords:** *Zea mays*. Fabaceae. biomass. Green manures Soil organic matter.



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL .....	25
1.1 Hipóteses .....	26
1.2 Objetivo Geral .....	26
1.3 Objetivos Específicos .....	26
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	27
2.1 Importância da adubação verde na agricultura .....	27
2.2 Efeito do adubo verde de leguminosas na qualidade do solo .....	27
2.3 Múltiplos usos das leguminosas: cultivo principal e secundário (forrageiras, graníferas) .....	29
Referências .....	31
3. INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE DE LEGUMINOSAS NA BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA .....	37
Resumo .....	37
Abstract.....	38
3.1 Introdução.....	39
3.2 Material e Métodos.....	40
3.3 Resultados e Discussão.....	46
3.4 Conclusões.....	49
Referências .....	50
4 LEGUMINOSAS GRANÍFERAS, FORRAGEIRAS E DE ADUBO VERDE E SEUS EFEITOS NO MILHO SUBSEQUENTE.....	57
Resumo .....	57
Abstract.....	58
4.1 Introdução.....	59
4.2 Material e Métodos.....	60
4.3 Resultados e Discussão.....	66
4.4 Conclusões.....	71
Referências .....	72
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	75



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, a manutenção do recurso solo e a longevidade da produtividade agrícola são assuntos imprescindíveis na escolha de novas práticas agronômicas que devem favorecer e otimizar diferentes culturas de alta rentabilidade financeira de forma sustentável.

Isto pode ser adquirido a partir de práticas com foco na adequada ciclagem dos nutrientes evitando desperdícios e gastos com fertilizantes industriais. Esta redução é particularmente importante devido ao aumento da transferência do N-solo para N-atmosfera, o que favorece o desequilíbrio no ciclo biogeoquímico do N com pontapé inicial no seu desequilíbrio nutricional no solo a partir de perdas de compostos voláteis.

O suprimento de N-solo interfere no rendimento das culturas agrícolas de alta lucratividade e pode ser adquirido de forma natural através da inserção de leguminosas no ambiente agrícola. As leguminosas têm alta diversidade de gêneros capazes de suprir necessidade de N das culturas subsequentes mediante a fixação biológica de nitrogênio (FBN) ou a decomposição da cobertura vegetal morta na superfície do solo (palhada ou adubo verde). Ainda, estes dois processos naturais induzidos como práticas agrícolas (FBN e adubação verde) podem ser vistos como uma reprodução dos ecossistemas naturais e como tal tendem a ter sucesso em diversos cultivos e aplicação em várias regiões.

Assim, imitar o fluxo normal dos ecossistemas terrestres pode ser um primeiro passo para ajudar a solucionar os problemas de ressuprimento nutricional nos solos, como por exemplo, a queda da disponibilidade dos nutrientes essenciais para culturas agrícolas. Nesse aspecto, utilizar palhada de leguminosas que venham a fornecer suprimento nutricional para os solos é de suma importância pela frequente reposição da matéria orgânica do solo (MOS) pela manutenção da cobertura vegetal morta. Vale mencionar, que a presença da cobertura vegetal sobre a superfície do solo aumenta a deposição da MOS, mantém a umidade e a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Além de algumas leguminosas serem utilizadas como adubo verde há também o efeito residual de leguminosas graníferas através da produção de grãos e forrageiras através da produção da forragem. Estabelecer esta sistematização no ambiente agrícola é possível e viável, além de ser uma ótima alternativa para o agricultor pois possibilita ao produtor mais de uma atividade lucrativa na área. Assim, enquanto a sua área está sendo utilizada para o crescimento das leguminosas com finalidade para adubo verde paralelamente pode estar sendo utilizada para produção de grãos e de forragem.

Ainda, mesmo que seja possível migrar de um sistema antigo para novas práticas de cultivo é importante que isso seja feito como uma opção de escolha e não por falta de informação do produtor. Assim, possivelmente, a saída mais rentável é a utilização da terra - por um mesmo período - que venha a proporcionar palhada para o cultivo subsequente e que gere algum lucro por venda de um subproduto, seja estes grãos ou forragens.

Além de sustentável economicamente, a sistematização desta prática que inclui adubo verde e subprodutos rentáveis é perfeitamente viável ecologicamente pois utiliza uma mesma área para mais de uma atividade lucrativa não precisando desmatar novas áreas para originar novas plantações.

Dessa forma, a produção da leguminosa permitiria a produção de grãos ou forragem, ao mesmo tempo em que os restos culturais têm efeito favorável em culturas subsequentes de maior rentabilidade, como por exemplo o milho.

### **1.1 Hipóteses**

A inclusão da palhada de leguminosas aumenta a atividade e biomassa da microbiota do solo?

O eventual menor fornecimento de N por leguminosas graníferas ou forrageiras pode ser compensando pelo produto econômico direto?

### **1.2 Objetivo geral**

Comparar a influência de leguminosas graníferas, forrageiras e de adubação verde no solo e no milho.

### **1.3 Objetivos específicos**

Averiguar o efeito dos grupos de leguminosas: graníferas, forrageiras e adubação verde na atividade e biomassa da microbiota do solo;

Verificar a produtividade em termos de biomassa da parte aérea, radicular, número e biomassa de nódulos e grãos, bem como teor de N das leguminosas para o cultivo subsequente do milho.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Importância da adubação verde na agricultura**

A adubação verde é considerada como uma prática agronômica sustentável com benefícios nos atributos do solo (RASOOL; KUKAL; HIRA, 2008, DIACONO; BALDIVIESO-FREITAS; SANS, 2019). . No Brasil é uma proposta viável para proporcionar maiores rendimentos na agricultura, como por exemplo no cultivo subsequente do milho (OLIVEIRA et al., 2019b) o que pode garantir a manutenção ecológica melhorando o ambiente de produção (CALÇADA; REZENDE; TEODORO, 2019).

A prática se baseia na distribuição da cobertura morta de plantas na superfície do solo, o que incrementa o aporte de material orgânico do solo (MOS) de origem vegetal através da decomposição da palhada (RAPHIOU; ANNE; BRICE, 2019), já que a deposição dos resíduos vegetais superficialmente favorece a manutenção do C na superfície do solo por inserção da palhada. Isso é interessante do ponto de vista ecológico e agronômico, visto que, a decomposição do carbono nas camadas mais rasas é acelerada (KWON et al., 2019) e evitar que este seja perdido para a atmosfera através da sua reposição no solo é um grande trunfo.

Ainda, esta reposição de nutrientes através da MOS acontece de forma gradativa o que diminui as perdas, principalmente, para elementos mais voláteis, como o nitrogênio, reduzindo assim a lixiviação do nitrato e os processos de realojamento do N-solo para N-atmosfera (RAUBER et al., 2019, PEOPLES et al., 2019), o que é muito afetado pela qualidade da palhada e está intimamente conexo a relação C/N.

Nesse sentido, há uma forte vantagem do uso de palhada proveniente de leguminosas pois estas caracteristicamente apresentam baixa relação C/N (SOUZA; GUIMARÃES; FAVARATO, 2015) o que pode auxiliar e permitir que haja um maior equilíbrio na disponibilidade de nutrientes e liberação de C e N (QUAN et al., 2016).

### **2.2 Efeito do adubo verde de leguminosas na qualidade do solo**

Um importante efeito do uso de leguminosas como adubo verde refere-se ao fluxo do carbono no sentido solo-atmosfera (DA SILVA GOMES et al., 2015), perda que pode ser evitada através do seu aporte no solo. Isso é importante pois o C-solo é o maior reservatório deste na biosfera terrestre e vem sendo intensamente influenciado pelas atividades antrópicas, inclusive pelas mudanças na vegetação (SHI et al., 2019) agravados pelos sistemas agropecuários.

Em contrapartida, alguns cultivos diminuem as perdas do C-solo e frequentemente esse objetivo está relacionado a obtenção de maior produtividade agrícola de forma sustentável (SHELAKÉ et al., 2019). É o caso das inclusões de leguminosas nas sequências de cultivo baseadas no milho (YAZHINI et al., 2019) demonstrando o alto potencial do uso de leguminosas no ambiente agrícola. Nesse aspecto, seria interessante pesquisas que contribuíssem para o estabelecimento de leguminosas no ambiente agrícola unindo acréscimo de C-solo sem descartar maiores ganhos de produção, no entanto, há poucos estudos que investigaram o fluxo do C com a qualidade do cultivo (HUMMEL et al., 2018) e menos ainda àqueles que utilizaram parâmetros advindo dos múltiplos usos das leguminosas.

Isso é importante pois além da adoção da adubação verde com leguminosas reduzir o uso de fertilizante industrial, também reduz o aquecimento global, já que as leguminosas reduzem a liberação de GEEs, incrementam o C-orgânico (PEOPLES et al., 2019) e melhoram a qualidade do solo (RAHIM et al., 2019). Contudo, em alguns casos a adoção de adubo verde aumenta a emissão de CH<sub>4</sub> (TOMA et al., 2019) e por este motivo é importante analisar os fluxos de CO<sub>2</sub> em função da adubação verde com leguminosas, bem como seus efeitos na QS.

Portanto, a adubação verde com leguminosas pode beneficiar QS cuja estimativa mensura propriedades a partir dos atributos físicos, químicos e biológicos deste corpo natural e a escolha dos indicadores depende das características inerentes ao próprio solo e dos seus diferentes usos (DE LIMA CRUZ et al., 2019) inclusive em solos de pastagem consorciada com leguminosa (*Clitoria ternatea* L.) (MENEZES et al., 2019).

Vale mencionar, que em um primeiro momento, o incremento de N pode ser observado através da fixação biológica do nitrogênio (FBN) da atmosfera (PEOPLES et al. 2019) a partir da associação com rizóbios pois as bactérias diazotróficas contribuem na ciclagem e decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) e torna disponível alguns nutrientes por meio atuação direta nos ciclos biogeoquímicos. Por conseguinte, este incremento de N pode se dar através da decomposição da palhada (WENDLING; MACHADO FILHO; DEL POZO, 2019) onde as culturas de cobertura à base de leguminosas podem estabilizar o rendimento das culturas subsequentes ao longo do tempo (DE NOTARIS et al., 2019) e o manejo com rotações de culturas diversificadas, principalmente que incluam gramíneas e leguminosas beneficiam diferentes processos e propriedades do solo (MARTYNIUK; PIKULA; KOZIEL, 2019) e aumentam o leque de bens e proveitos, além de ampliar os serviços econômicos-ecológicos prestados por uma única área territorial.

### **2.3 Múltiplos usos das leguminosas: Cultivo principal e secundário (forrageiras, graníferas)**

Em alguns casos, as leguminosas são cultivadas especificamente por sua contribuição para N-solo como adubo verde, mas mais frequentemente este é um benefício secundário das culturas que são cultivadas para outros principais fins, nomeadamente a produção de alimentos ou forragens (DUNCAN et al., 2019). Assim, além de contribuir para o cultivo subsequente o próprio período de pré-cultivo com leguminosas pode auxiliar na entrada de mais economia e lucratividade para o produtor incluindo o adubo verde e os subprodutos da sua própria produção de forma mais fácil e imediata pela produção de grãos e forragem.

A biomassa das leguminosas pode acumular diferentes quantidades de nutrientes (N), contudo não necessariamente isto provoca diferença nos rendimentos quando usadas como adubo verde (BROWN et al., 2019) sendo diferente o comportamento observado entre espécies. Portanto se ao comparar duas leguminosas diferentes e em termos de disponibilidade de nutriente estas fornecerem os mesmos resultados, por que não observar qual dentre as duas espécies será capaz de atender melhor às necessidades do produtor?

Mesmo com diferentes suprimentos de N pela leguminosa, a escolha da leguminosa a ser plantada é bem particular do agricultor em função de seus diferentes interesses. Por exemplo se a ideia for controlar planta daninha em um determinado local e dentro de uma seleção de leguminosas alguma fixe mais N, esta é vantajosa em termos de contribuições de N fixado (ROSE et al., 2019) portanto esta será a melhor leguminosa para aquele sistema. Contudo, se ambas as espécies são uteis como adubo verde e não deram diferença significativa quanto ao N talvez a escolha entre estas duas deva privilegiar a espécie que mais pode vir a gerar lucros mediante os subprodutos fornecidos para o produtor.

O efeito da sucessão de culturas pode ser potencializado quando combinado com outras técnicas conservacionistas (NORTHUP; RAO, 2015) e em termos práticos, a escolha desta prática integrada a outros manejos como no final do período de pastejo (SCHAEFER et al., 2019) e na sucessão de leguminosas de cobertura (p.ex. crotalarias) (DE CARVALHO et al., 2015) resulta em maior produtividade para culturas e provoca melhoria no crescimento de plantas e rendimento de diversas espécies produtoras de grãos.

Além disso, o pré-cultivo de leguminosas graníferas garante a segurança alimentar (RAHIM et al., 2019) e tem o potencial de manter altos níveis anuais de carbono no solo através da produção de biomassa daí a importância da sua inclusão no sistema tradicional de cultivo (ZHANG et al., 2019). Além disso, outras fontes de renda para o produtor advêm das

culturas de leguminosas de grão, incluindo amendoim (CRUSCIOL et al., 2019) que pode ser consumido cru ou cozido, bem como uma variedade de tipos de feijões (DUNCAN et al., 2019).

O feijão-caupi, por exemplo, além de ser uma importante fonte de proteína alimentar, contribui para a manutenção da estrutura do solo e fornece N, principalmente através da adição da palhada cuja relação C:N é baixa quando comparadas a outras leguminosas e isso evidencia maiores contribuições de N-solo desta cultura para o cultivo subsequente, contudo ao ser incorporada no solo sua palhada pode ter uma rápida mineralização (OLIVEIRA et al., 2019a).

Outra fonte de N importante se dá através do uso de leguminosas forrageiras (NORTHUP; RAO, 2015) que apesar de pouco competitiva com produtos mais facilmente comercializáveis tem um uso bem peculiar principalmente ao que se refere a dieta do gado com deficiência de N (DUNCAN et al., 2019), portanto, a leguminosas forrageiras pode incrementar N não somente para o solo, mas também, conduz a um uso mais nutritivo na alimentação de animais na pecuária. Isso é importante uma vez que seu uso pode abranger adubação verde, controle de ervas daninhas, alimentação para animais, dentre outros.

Assim, pode-se entender que os benefícios estabelecidos a partir do pré-cultivo com leguminosas incluem as entradas de N no sistema com vantagens para o produtor nas culturas subsequentes e nos subprodutos exportados, no entanto, estes efeitos irão variar de acordo com as condições edafoclimáticas da região, bem como os tipos de culturas subsequentes adotadas quanto as espécies de leguminosas pré-cultivadas (OLIVEIRA et al., 2019a).

## Referências

- BROWN, L. K.; KAZAS, C.; STOCKAN, J.; HAWES, C.; STUTTER, M.; RYAN, C. M.; SQUIRE, G. R.; GEORGE, T. S. Is green manure from riparian buffer strip species an effective nutrient source for crops? **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 48, n. 2, p. 385-393, 2019.
- CALÇADA, D. B.; REZENDE, S. O.; TEODORO, M. S. Analysis of green manure decomposition parameters in northeast Brazil using association rule networks. **Computers and Electronics in Agriculture**, Oxon, v. 159, n. 1, p. 34-41, 2019.
- DA SILVA GOMES, S.; DA SILVA GOMES, M.; DE SOUZA GALLO, A.; MERCANTE, F. M.; BATISTOTE, M.; DA SILVA, R. F. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 114, n. 3, p. 30-37, 2015.
- DE CARVALHO, A. M.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DE ARAUJO DANTAS, R.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 551-561, 2015.
- CRUSCIOL, C. A. C.; FERRARI NETO, J.; MUI, T. S.; FRANZLUEBBERS, A. J.; COSTA, C. H. M. D.; CASTRO, G. S. A.; RIBEIRO, L. V.; COSTA, N. R. Rhizobial Inoculation and Molybdenum Fertilization in Peanut Crops Grown in a No Tillage System After 20 Years of Pasture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 43, n. 1, p.1, 2019.
- DE LIMA CRUZ, N. N.; VALLADARES, G. S.; SOARES, I.; CAMARGO, O. A.; Distribuição espacial da qualidade dos solos da capta-frutas em Jundiaí, São Paulo. **Revista equador**, Teresina, v. 7, n. 2, p. 147-161, 2019.
- DE NOTARIS, C.; RASMUSSEN, J.; SØRENSEN, P.; MELANDER, B.; OLESEN, J. E. Manipulating cover crop growth by adjusting sowing time and cereal inter-row spacing to enhance residual nitrogen effects. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 234, n. 1, p. 15-25, 2019.
- DIACONO, M.; BALDIVIESO-FREITAS, P.; SANS SERRA, F. X. Nitrogen Utilization in a Cereal-Legume Rotation Managed with Sustainable Agricultural Practices. **Agronomy**, Madison, v. 9, n. 3, p. 113, 2019.
- DUNCAN, A. J.; OBORN, I.; NZIGUHEBA, G.; TEMESGEN, T.; MUONI, T.; OKEYO, I.; SHILULI, M.; BERHANU T.; WALANGULULU, J.; VANLAUWE, B. Supporting smallholder farmers' decisions on legume use in East Africa-The Legume CHOICE approach. Africa, Addis Ababa ,Ethiopia. Disponível em:<<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/100152/farmersdecisions%20.pdf?sequence=1>>. Acesso em 30 abril 2019.
- HUMMEL, M.; HALLAHAN, B. F.; BRYCHKOVA, G.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; GUWELA, V.; CHATAIKA, B.; CURLEY, E.; MCKEOWN, P. C.; MORRISON, L.; TALSMAN, E. F.; BEEBE, S.; JARVIS, A.; CHIRWA, R.; SPILLANE, C. Reduction in nutritional quality and growing area suitability of common bean under climate change induced drought stress in Africa. **Scientific reports**, London, v. 8, n. 1, p. 16187, 2018.

KWON, M. J.; NATALI, S. M.; HICKS PRIES, C. E.; SCHUUR, E. A.; STEINHOF, A.; CRUMMER, K. G.; ZIMOV, N.; ZIMOV, S.A.; HEIMANN, M.; KOLLE, O.; GÖCKEDE, M. Drainage enhances modern soil carbon contribution but reduces old soil carbon contribution to ecosystem respiration in tundra ecosystems. **Global change biology**, Oxon, v. 25, n. 4, p. 1315-1325, 2019.

MENEZES, K. M.; SILVA, D. K.; GOUVEIA, G. V.; DA COSTA, M. M.; QUEIROZ, M. A.; YANO-MELO, A. M. Shading and intercropping with buffelgrass pasture affect soil biological properties in the Brazilian semi-arid region. **Catena**, Amsterdam, v. 175, n. 1, p. 236-250, 2019.

NORTHUP, B. K.; RAO, S. C. Green manure and forage potential of lablab in the US southern Plains. **Agronomy**, Madison, v. 107, n. 3, p. 1113-1118, 2015.

OLIVEIRA, M.; CASTRO, C.; COUTINHO, J.; TRINDADE, H. N supply and pre-cropping benefits to triticale from three legumes in rainfed and irrigated Mediterranean crop rotations. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 237, n. 1, p. 32-42, 2019a.

OLIVEIRA, R. P.; LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. D. C. F.; BALDANI, V. L. D.; OLIVEIRA, M. P.; BRASIL, M. S. *Azospirillum brasilense* inoculation and management of fertilizer nitrogen in maize. **Brazilian Journal of Agriculture**, São Paulo, v. 93, n. 3, p. 347-361, 2019b.

PEOPLES, M. B.; HAUGGAARD-NIELSEN, H.; HUGUENIN-ELIE, O.; JENSEN, E. S.; JUSTES, E.; WILLIAMS, M. **Agroecosystem Diversity**. Academic Press, Oxford, 2019, p. 123-143.

QUAN, Z.; HUANG, B.; LU, C.; SHI, Y.; CHEN, X.; ZHANG, H.; FANG, Y. The fate of fertilizer nitrogen in a high nitrate accumulated agricultural soil. **Scientific Reports**, London, v. 6, n. 1, p. 21539, 2016.

RAHIM, H. U.; MIAN, I. A.; ARIF, M.; RAHIM, Z. U.; AHMAD, S.; KHAN, Z.; KHAN, M. A.; HARIS, M. Residual effect of biochar and summer legumes on soil physical properties and wheat growth. **Pure and Applied Biology**, Quetta, v. 8, n. 1, p. 16-26, 2019.

RAPHIOU, M.; ANNE, F.; BRICE, S. Organic Matter Balance of the Sedentary Yam-Based Cropping Systems with Herbaceous Legumes in Guinean Sudan Zone of Benin. **International Invention of Scientific Journal**, Pune, v. 3, n. 1, p. 445-454, 2019.

RASOOL, R.; KUKAL, S. S.; HIRA, G. S. Soil organic carbon and physical properties as affected by long-term application of FYM and inorganic fertilizers in maize-wheat system. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 101, n. 1-2, p. 31-36, 2008.

RAUBER, L. P.; ANDRADE, A. P.; MAFRA, Á. L.; JÚNIOR, W. S. B.; DALLORSOLETTA, D. J.; GATIBONI, L. C.; AITA, C. Mineral nitrogen in the soil with injected and surface application of swine slurry with nitrification inhibitor. **Brazilian Journal of Agriculture**, São Paulo, v. 93, n. 3, p. 313-323, 2019.

ROSE, T. J.; KEARNEY, L. J.; ERLER, D. V.; VAN ZWIETEN, L. Integration and potential nitrogen contributions of green manure inter-row legumes in coppiced tree cropping systems. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 103, n. 1, p. 47-53, 2019.

SCHAEFER, P. E.; MARTIN, T. N.; PIZZANI, R.; SCHAEFER, E. L. Inoculation with *Azospirillum brasilense* on corn yield and yield components in an integrated crop-livestock system. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v. 41, n. 1, p.1, 2019. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.39481>>.

SHELAKE, R. M.; WAGHUNDE, R. R.; VERMA, P. P.; SINGH, C.; KIM, J. Y. Carbon Sequestration for Soil Fertility Management: Microbiological Perspective. In: Soil Fertility Management for Sustainable Development. **Springer**, Singapore, v. 1, n. 1, p. 25-42. 2019. Disponível em: <[https://doi.org/10.1007/978-981-13-5904-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-13-5904-0_3)>.

SHI, P.; DUAN, J.; ZHANG, Y.; LI, P.; WANG, X.; LI, Z.; XIAO, L.; XU, G.; LU, K.; CHENG, S.; REN, Z.; ZHANG, Y.; YANG, W. The effects of ecological construction and topography on soil organic carbon and total nitrogen in the Loess Plateau of China. **Environmental Earth Sciences**, New York, v. 78, n. 1, p. 5, 2019.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P.; FAVARATO, L. F. Development of vegetables and soil characteristics after green manuring and organic composts under levels of N. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 19-26, 2015.

TOMA, Y.; NUFITA SARI, N.; AKAMATSU, K.; OOMORI, S.; NAGATA, O.; NISHIMURA, S.; PURWANTO, B.H.; UENO, H. Effects of Green Manure Application and Prolonging Mid-Season Drainage on Greenhouse Gas Emission from Paddy Fields in Ehime, Southwestern Japan. **Agriculture**, Basel, v. 9, n. 2, p. 29, 2019.

YAZHINI, G.; SATHIYA BAMA, K.; PORPAVAI, S.; CHANDRA SEKARAN, N. Potential of Cropping Sequences on Soil Carbon Sequestration. **International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology**, Telangana, v. 6, n.1, p. 1-16, 2019.

ZHANG, D.; YAO, P.; ZHAO, N.; CAO, W.; ZHANG, S.; LI, Y.; HUANG, D.; ZHAI, B.; ZHAOHUI, W.; GAO, Y. Building up the soil carbon pool via the cultivation of green manure crops in the Loess Plateau of China. **Geoderma**, Amsterdam, v. 337, n. 1, p. 425-433, 2019.



*“Numa boa terra, à borda de muitas águas, estava ela plantada, para produzir ramos, e para dar fruto, para que fosse videira excelente” Ez17:8*



### 3. INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE DE LEGUMINOSAS NA BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA

#### RESUMO

A qualidade do solo (QS) é sua capacidade de executar múltiplas funções e é influenciada por práticas agronômicas sustentáveis como a adubação verde, por alterar parâmetros biológicos importantes como o carbono da biomassa microbiana (C-BMS) o que poderá refletir em outros indicadores biológicos da qualidade do solo como respiração basal e o quociente metabólico (RBS e  $q\text{CO}_2$ ). Assim, nosso principal objetivo foi analisar este efeito em um solo agrícola em três períodos: após pousio ou pré-leguminosa, após cultivo de leguminosas ou pós-leguminosa e após cultivo subsequente de milho ou pós-milho. Para tal, foram determinadas C-BMS, RBS e  $q\text{CO}_2$ , bem como C-total e N-total nas camadas 0-10 e 10-20 cm. Observou-se diferença significativa entre o período de pousio e o pós-leguminosa apresentando decréscimo do C-total, C-BMS e RBS, em ambas as profundidades. Também, observou-se diferença significativa entre os períodos pós-leguminosa e pós-milho pelo aumento do C-BMS na camada 10-20cm e da RBS, em ambas as profundidades. Isso demonstra que a adição da palhada de leguminosas, apesar de estimular a atividade do solo com aumento da RBS, retém C na profundidade de 10-20 no solo através da biomassa microbiana. Esses resultados evidenciam que a presença da cobertura morta de leguminosas é retém mais C-solo do que a cobertura viva de leguminosas. Conclui-se que o C-BMS é mais sensível à adubação verde do que o C-total, confirmando assim a importância dos indicadores microbiológicos de qualidade do solo no estudo da QS em ambientes tropicais.

**Palavras-chave:** Sucessão de culturas. Qualidade do solo. Milho.

**LEGUME GREEN MANURE EFFECTS ON MICROBIAL BIOMASS AND ACTIVITY****ABSTRACT**

Soil quality is its capability to execute multiple functions and is affected by sustainable agricultural practices such as green manuring, by modifying important biological parameters as microbial biomass carbon (C-BMS), which can reflect on other biological soil quality indicators such as basal respiration and metabolic quotient (RBS and  $qCO_2$ ). Our main objective is thus to evaluate this effect on an agricultural soil in three times: after fallow or pre-legume, after the legume or post-legume, and after the subsequent crop of corn or post-corn. To this end, C-BMS, RBS and  $qCO_2$  as well as total C and N soil contents, at the 0-10 and 10-20 cm layers. Significant differences were found between pre- and post-legume for C content, C-BMS and RBS for both layers. Significant difference was also found between the post-legume and post-corn due to the increase in C-BMS at the 10-20cm and increased RBS for both layers. This shows that adding legume litter, although increasing RBS, retain C at the 10-20 cm layer in soil through microbial biomass. These results indicate dead legume biomass retains more soil C than live legume biomass. C-BMS is more sensitive to green manure than total C, thus confirming the importance of soil quality microbiological indicators to soil quality studies in tropical environments.

**Keywords:** Crop succession. Soil quality. Corn.

### 3.1 Introdução

Após a incorporação da palhada de leguminosas de adubação verde ao solo, elas atuam como uma cultura emitindo vários compostos voláteis e melhoram a fertilidade do solo. Assim, a incorporação da palhada de leguminosas é uma prática conservacionista importante na atualidade que favorece o equilíbrio, ressuprimento e manutenção do C-solo (YAZHINI et al., 2019).

Além disso, o uso das leguminosas como adubo verde suprime ervas daninhas e protege o solo da erosão eólica, hídrica e lixiviação mineral. Ao mesmo tempo, a palhada de leguminosas, comumente, possui baixa relação C/N o que pode favorecer a atividade da microbiota e aumento da biomassa microbiana com consequente acúmulo de C-solo (MUKUMBUTA; SHIMIZU; HATANO, 2019, SOARES; ROUSK, 2019).

Este aumento da biomassa e atividade microbiana (DE MEDEIROS et al., 2019), por sua vez, favorece a qualidade do solo (QS) (LI et al., 2018, CAMPOS et al., 2019, DE LIMA CRUZ et al., 2019). Isso demonstra que existe uma forte relação da decomposição dos resíduos vegetais com os nutrientes prontamente disponíveis e o comportamento da microbiota do solo.

Assim, a microbiota do solo fornece informações importantes acerca da QS que pode ser avaliada através da medição de parâmetros biológicos do solo (BONGIORNO et al., 2019), por exemplo pelas biomassa e atividade microbianas, respectivamente através do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) (DE ANDRADE BARBOSA et al., 2019), respiração da biomassa do solo (RBS) (BARBIERI et al., 2019) e quociente metabólico ( $qCO_2$ ).

Portanto, a AM aumenta durante a decomposição e mineralização do adubo verde (DE MEDEIROS et al., 2019) e é refletida através da respiração basal do solo (RBS), que fornece informações sobre nutrientes disponíveis (C), vegetação e manejo em menor profundidade (LIU et al., 2019; GONÇALVES et al., 2019). Isso acontece porque a RBS é influenciada pela comunidade microbiana (LEWANDOWSKI et al., 2019), presença da vegetação (CHEN; CHEN, 2019), biomassa de plantas e raízes (LIU et al., 2019), decomposição de resíduos orgânicos (BAREL et al., 2019; ANJILELI et al., 2019) e dos nutrientes no solo (SPOHN; SCHLEUSS, 2019).

E é justamente o aspecto da perda dos nutrientes que atualmente tem impulsionado atenções para a RBS (EBRAHIMI et al., 2019), especialmente, por esta atividade ser considerada o principal processo de perda de C-solo por sua vez o segundo maior contribuinte deste para a atmosfera (ANJILELI et al., 2019), o que faz com que estabelecer uma relação entre a RBS e os fluxos de C seja perfeitamente justificável.

Surpreendentemente, estas ferramentas de mensuração raramente têm sido avaliadas quanto ao efeito de manejo das culturas (LYCHUK et al., 2019) ou sucessão da vegetação. Tais informações são importantes, uma vez que, combinar outras práticas com o adubo verde de leguminosas pode, por exemplo, aumentar a AM (DE MEDEIROS et al., 2019), já que a manutenção de cobertura vegetal favorece o desenvolvimento da microbiota pelo suprimento de C-solo (SHRESTHA; GAUTAM; ASHWATH, 2019). Desse modo, ao elevar as taxas de C através da adubação verde pode-se em um primeiro momento elevar as atividades microbianas, inclusive a RBS.

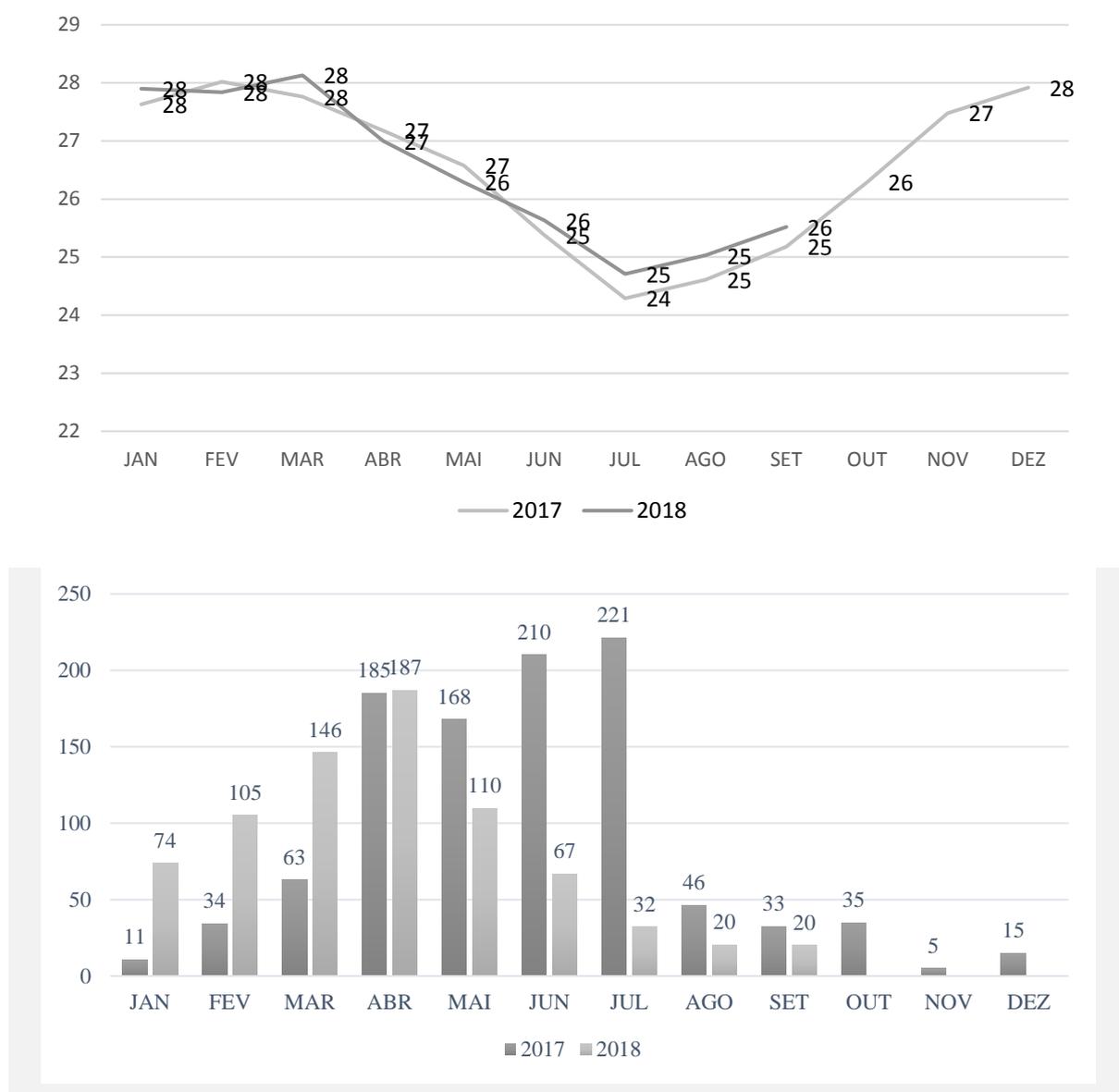
Isso é importante, devido ao desequilíbrio no ciclo global do carbono e a necessidade de valorizar e adequar práticas agrícolas que sejam capazes de exercer de forma eficiente a manutenção do C-solo (MOINET et al., 2019). Assim, informações relacionadas com a influência da vegetação podem fornecer respostas consideráveis quanto ao C-solo (KERDRAON et al., 2019), especialmente pela adição de resíduos vegetais ricos em MOS, uma vez que, as aplicações de palha como adubo verde podem regular o ciclo de carbono (C) e nitrogênio (N) do solo, afetar o crescimento das plantas e alterar a estrutura da microbiota (ZHOU et al., 2019).

Portanto, o objetivo principal desta pesquisa foi avaliar a biomassa e atividade microbiana em função do manejo com sete espécies de leguminosas, particularmente quanto ao efeito do tempo (pré e pós leguminosa e pós milho).

### **3.2 Material e Métodos**

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina da Universidade Federal Rural de Pernambuco (ECCAC-UFRPE) em Carpina, Pernambuco, que se localiza numa altitude média de 180 m com as coordenadas 7°51'04'' S e 35°14'27'' W.

Na FIGURA 1 A e B são apresentados os dados pluviométricos durante o experimento (anos de 2017 e 2018) na ECCAC, cujo clima predominante é As' de acordo com a classificação de KÖPPEN, tropical chuvoso com verão seco e temperatura média anual em torno de 27°C (AGRITEMPO, 2019).



**Figura1** - Valores mensais de temperatura (a) (AGRITEMPO, 2019) e precipitação (mm) (b): Estação: 095 (IPA), Município de Carpina-PE

Foi escolhida uma área sob pousio de um ano para ser estabelecido um experimento com adubação verde de leguminosas sob irrigação por aspersão. Foram adotadas parcelas de 4 m de comprimento por 6 m de largura, com área total de 24m<sup>2</sup> e área útil de 9,6m<sup>2</sup>, com 1m entre parcelas e 2 m entre os quatro blocos.

Foi realizada amostragem de caracterização do solo em 02/05/2017 nas camadas 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm para teores de nutrientes e carbono e nitrogênio total (EMBRAPA, 1999), bem como granulometria (EMBRAPA et al., 1997). Amostras simples foram coletadas em cinco pontos aleatórios dentro de uma mesma parcela, formando uma amostra composta por parcela.

O solo é classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso abrupto (SIMÕES NETO et al. 2011) com as médias da relação C/N acima de 16, com textura franca arenosa e baixo pH (5,20) na camada de 0-20 cm (Tabela 1) Para realizar a correção do pH e elevar o Ca e a saturação por bases foi realizada a calagem com 2 toneladas/hectare de calcário dolomítico (PRNT 77%) no dia 31 de maio de 2017.

Já em 31 de agosto de 2017, o solo foi fertilizado de acordo com a recomendação de Pernambuco (2008). Como só havia recomendação para o amendoim plantio ou cobertura (80 kg/ha de P e 25kg/ha de K), caupi (60 kg/ha de P e 40kg/ha de K) e feijão comum irrigado (80 kg/ha de P e 25kg/ha de K), optou-se por utilizar a referência daquele que indicava maior quantidade de fertilizante. Assim, foi aplicado 173,9kg/ha SFT (46% de P) e 133,3kg/ha de cloreto de potássio KCl (60% de K).

Também foram realizadas amostragens antes do plantio das leguminosas em 25/09/2017, ou seja, período pré-leguminosa, após o plantio das leguminosas: período pós-leguminosa, em 21/12/2017 e período após o milho na área: período milho em 02/05/2018, para determinação das mesmas características químicas, para as análises de respiração basal do solo: RBS (ALEF; NANNIPIERI, 1995), carbono da biomassa microbiana do solo: C-BMS (ISLAM; WEIL, 1998) e quociente metabólico:  $qCO_2$  (ANDERSON; DOMSCH, 1985) na profundidade de 0-10 e 10-20cm.

Também foram determinados os teores de C-total e N-total do solo na camada 0-10cm em amostras peneiradas 0,125 mm de abertura e analisadas por combustão a seco no equipamento LECO CN/2000, no laboratório de biogeoquímica ambiental, do Centro de energia nuclear na agricultura (CENA-USP- Piracicaba-SP).

**Tabela 1.** Propriedades físicas e químicas do solo coletados em três camadas (0-20, 20-40 e 40-60 cm) para amostragem geral da área experimental (1700m<sup>2</sup>): valores adquiridos antes de qualquer plantio

<b>Características físicas</b>													
Densidade		Composição Granulométrica							Grau Floculação	Classe Textural	Umidade Residual		
Dap	Dr	Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Silte	Argila Natural	%						
g/cm <sup>3</sup>													
<b>00-20</b>	1,36	2,62	46	24	19	11	4	79	Franco siltosa	0,40			
<b>20-40</b>	1,3	2,62	43	24	23	10	4	83	Franco argilo-arenosa	0,55			
<b>40-60</b>	1,3	2,62	44	23	23	10	8	65	Franco argilo-arenosa	0,45			
<b>Características químicas</b>													
P	pH	Ca	Mg	Na	K	Al	H	Calagem	S	CTC	V	m	
mg/dm <sup>3</sup>	H <sub>2</sub> O	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					t/ha	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			%		
<b>00-20</b>	7	5,20	0,90	0,60	0,06	0,07	0,70	7,63	1,5	1,6	10,0	16	30
<b>20-40</b>	5	5,00	0,75	0,50	0,06	0,05	1,20	8,36		1,4	10,9	12	47
<b>40-60</b>	3	4,90	0,50	0,50	0,06	0,05	1,20	7,21		1,1	9,5	12	52

Legenda: Dap: Densidade aparente Dr: Densidade relativa.

As leguminosas utilizadas foram classificadas como: Granífera (*Arachis hypogaea*, *Phaseolus vulgaris* e *Vigna unguiculata*); Forrageira (*Stylosanthes* spp: 80% *Stylosanthes captata* Vog. e 20% *Stylosanthes macrocephala* e *Calopogonium mucunoides*) e Adubo verde (*Crotalaria juncea* e *Stylobium aterrimum*) (Tabela 2). Além das sete leguminosas, foram adotados dois tratamentos controle: com mato (VE: vegetação espontânea) e sem mato (TC: tratamento controle).

Todas as sementes foram testadas quanto ao seu potencial de germinação. As leguminosas foram inoculadas com inoculante turfoso adquirido da EMBRAPA Agroecologia de Seropédica-RJ, conforme recomendações (Tabela 2), imediatamente antes do plantio.

Foram semeadas 3 sementes por cova concomitantemente com a adubação no dia 31 de agosto de 2017, sem posterior desbaste. Para os tratamentos GAH, GPV e GUV foi adotado o espaçamento de 0,25m entre covas e 0,5m entrelinhas conforme recomendação de espaçamento para feijão caupi (RIBEIRO, 2002) e comum (RIBEIRO et al., 2011). Para FCM e FECG, o espaçamento foi 0,5m entre covas e 1m entre linhas (COSTA et al., 2001), enquanto para AVSA e AVCJ foram adotados espaçamentos entrelinhas de 0,5m e entre covas de 0,2m, segundo (LOPES, 2000).

Antes do plantio das leguminosas, no dia 20 de junho de 2017, foi aplicado o glifosato (4,7L/ha) antes da semeadura das leguminosas e em 15 de agosto de 2017 foi realizado o revolvimento do mesmo, com posterior delimitação, sulcagem da área e plantio. As leguminosas foram cultivadas por 90 dias antes de serem cortadas em 22 de dezembro de 2017.

Antes do plantio do milho, no dia 29 de dezembro de 2017, foi aplicado o glifosato (4,7L/ha) antes da semeadura do milho e em 10 de janeiro de 2018 foi realizado o revolvimento do mesmo, com posterior delimitação, sulcagem da área e plantio.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando Modelo Misto para medições repetidas no tempo, avaliando as adubações verdes, épocas de colheita e interações, com os efeitos significativos sendo avaliados pelo teste de Tukey a 10% de significância.

Também foram realizados contrastes ortogonais avaliando o uso da adubação verde em geral, bem como os diferentes tipos de adubo verde entre si.

**Tabela 2.** Nomenclatura das espécies de Fabaceae, nomes vulgares, variedades e siglas adotadas durante o experimento de campo com adubação verde, bem como respectivos inoculantes utilizados antes da semeadura

Nome Científico	Nome Comum	Sigla	Variedades	Estirpe	Espécie
<i>Crotalaria juncea</i> L.	Crotalária	AVCJ	comercial	BR 2003	<i>Bradyrhizobium</i> sp.
<i>Stizolobium aterrimum</i> Piper & Tracy	Mucuna preta	AVSA	crioula	BR2811	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
<i>Calopogonium mucunoides</i> Dev.	Calopogônio	FCM	comercial	BR 1602	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>
Estilosantes campo grande <sup>1</sup>	Estilosantes	FECG	comercial	BR 446	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>
<i>Arachis hypogaea</i> L.	Amendoim	GAH	BRSHAVANA	BR 1436	<i>Bradyrhizobium</i> sp.
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Feijão	GPV	IPA10	BR 322	<i>Rhizobium tropici</i>
<i>Vigna unguiculata</i> L.	Feijão caupi	GVU	IPA207	BR 3267	<i>Bradyrhizobium</i> sp.
<i>Zea mays</i> L.	milho	MILHO	BRS5026	AzzoFix®	<i>Azospirillum brasilense</i>

Legenda: GPV: Granífera *Phaseolus vulgaris*, GVU: Granífera *Vigna unguiculata*, GAH: *Arachis hypogaea*, FCM: Forrageira *Calopogonium mucunoides*, FECG: Forrageira Estilosantes Campo Grande, AVSA: Adubo verde *Stizolobium aterrimum*, AVCJ: Adubo verde *Crotalaria juncea*, TC: Tratamento controle, VE: Vegetação espontânea.

<sup>1</sup> Mix de duas espécies do gênero *Stylosanthes* spp: 80% *Stylosanthes captata* Vog. e 20% *Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira & N.N. Sousa Costa.

### 3.3 Resultados e Discussão

Para ambas profundidades estudadas ocorreram decréscimos na RBS após o plantio das leguminosas e elevação da RBS após o plantio do milho (Tabela 3). No período pós-leguminosa houve decréscimo da RBS nas duas profundidades quando comparada ao período pré-leguminosa, o que faz desse sistema algo relevante a ser observado, confirmando o efeito da vegetação na RBS (KERDRAON et al., 2019).

**Tabela 3.** Efeito do cultivo na área experimental nos valores de biomassa e atividade microbiana e C e N-total do solo

	C-BMS	RBS		C	N	Relação C/N
	( $\mu\text{g. g solo}^{-1}$ de C)	(0-10)	(10-20)			
Coletas	(10-20)	(0-10)	(10-20)	profundidade 0-10		
PRÉ-LEGUMINOSA	419,7a	94,6a	47,8b	29,7a	1,7a	17,4a
PÓS-LEGUMINOSA	112,9c	33,3b	25,1c	27,6b	1,6a	16,9b
PÓS-MILHO	237,6b	102,9a	72,9a	23,9c	1,3b	17,3a

Diferença significativa entre os períodos de coleta das amostras de solo. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey

No período pós-milho houve aumento da RBS nas duas profundidades quando comparada ao período pós-leguminosa e como houve o revolvimento do solo após aplicação de glifosato nas leguminosas é provável que a maior respiração seja devido à maior aeração entre os agregados antes do plantio do milho (KWON et al., 2019).

Como a RBS e a disponibilidade de nutrientes podem ser afetadas indiretamente pela substituição de espécies vegetais (AVILA; GALLARDO; GÓMEZ-APARICIO, 2019) é provável que as leguminosas proporcionem menores valores de RBS. Portanto não é só a substituição em si que provocaria decréscimo na RBS pois nesta pesquisa ao substituir leguminosa por milho observou-se maior RBS diferentemente de quando se substituiu mato por leguminosa (de pousio para leguminosa). Assim, com estes resultados pode-se afirmar que entre uma área de pousio (mato) ou de gramínea (milho) uma área com leguminosas terá menor RBS e, portanto, menores perdas de C-solo.

O aumento da RBS no período pós-milho deve ter ocorrido devido a adição de nutrientes advinda da decomposição dos resíduos vegetais da palhada. Conforme Toniazzi et al. (2018) o aumento abrupto da liberação de  $\text{CO}_2$  pode ser sinônimo de uma quantidade de substrato orgânico de fácil degradação, bem como pela qualidade da palhada distribuída por sobre o solo. Chen e Chen (2019) ao avaliar os efeitos de misturas de plantas e serrapilheira sobre RBS e seus componentes concluíram que a RBS foi em média, maiores nas misturas de plantas do que

o esperado das monoculturas provavelmente devido ao aumento da riqueza de espécies de plantas e de serrapilheira. Aqui neste trabalho observou-se aumento da RBS mesmo sem realizar misturas de plantas o que pode evidenciar uma palhada de maior qualidade.

A influência da vegetação pode também ser observada pela comparação das áreas com e sem leguminosas nos períodos pré e pós leguminosa e pós milho, já que houve diferença significativa entre a adubação verde (7 LEGUMINOSAS) e os tratamentos controle (VE e TC), isoladamente ou em conjunto, no C-BMS na profundidade de 0-10 cm (Tabela 4) o que demonstra influência das raízes e copa das leguminosas.

**Tabela 4.** Influência da vegetação, leguminosas graníferas, forrageiras e adubo verde comparadas entre si e controles com e sem mato, na atividade e biomassa microbianas nas profundidades 0-10 e 10-20 durante todo o experimento de campo (período pré e pós leguminosa e pós milho)

	<b>C-BMS 0-10cm</b>	<b>C-BMS 10-20cm</b>	<b>RBS 0-10cm</b>	<b>RBS 10-20cm</b>	<b>q-CO<sub>2</sub> 0-10cm</b>	<b>q-CO<sub>2</sub> 10-20cm</b>
<b>7leguminosas x controle</b>	-120,83*	-86,27	-20,12	1,46	0,31	0,38
<b>7leguminosas x VE</b>	-57,85*	-29,35	0,18	-3,53	0,15	0,10
<b>7leguminosas x TC</b>	-62,97*	-56,91	-20,30*	4,99	0,15	0,27
<b>GrupoAV x Grupo F e G</b>	46,01	-61,24	-1,70	5,02	0,43	-0,62
<b>GrupoAV x Grupo F</b>	-3,71	-45,99	-6,21	0,55	-0,05	-0,58
<b>GrupoAV x Grupo G</b>	31,30	-81,83	2,14	0,84	-0,07	-0,41
<b>Grupo F x Grupo G</b>	19,37	5,07	7,28	-0,13	0,01	0,37

Valores marcados com asterisco diferem estatisticamente a 10% de similaridade.

Legenda: GrupoAV: grupo das adubo verde representado por AVCJ e AVSA; GrupoF: grupo das forrageiras representado por FCM e FECG; GrupoG: grupo das graníferas representado por GAH, GPV e GVU. C-BMS: Carbono da biomassa microbiana, RBS: respiração basal do solo e qCO<sub>2</sub>: quociente metabólico

Para a mesma comparação de grupos percebeu-se maior RBS para o grupo com solo sem influência das leguminosas. Isso nos faz inferir que, em termos de manutenção do C-solo, o sistema com inclusão de leguminosas vem a proporcionar condições semelhantes ou melhores do que as proporcionadas pelo solo exposto ou de vegetação espontânea na área estudada, pois segundo Ebrahimi et al., (2019) a RBS é maior em áreas agrícolas, quando se compara a áreas naturais com cobertura.

Estes resultados concordam com Li et al. (2018) que estudaram efeitos de diferentes aplicações de palha no balanço de carbono de um ecossistema de áreas agrícolas sob um sistema de plantio de rotação baseado em experimentos de campo e ao avaliar a RBS após a aplicação de palha concluíram que as emissões de carbono do solo durante duas estações de plantio foram maiores para todos os tratamentos com adição de material orgânico quando comparado ao tratamento sem adição de material orgânico.

Quando comparadas entre os principais agrupamentos de leguminosas realizados neste trabalho (G, AV e F) de um modo geral os menores valores de C-BMS foram provenientes dos solos sob tratamentos com as forrageiras. Possivelmente, tal resultado está associado ao baixo incremento da biomassa vegetal que esta espécie proporcionou em função do manejo adotado, em que parte importante foi retirada simulando seu uso econômico.

O C-BMS teve diferença significativa entre todos os períodos em ambas as profundidades (Tabela 3), mas interação significativa entre períodos e adubações verdes apenas para a camada 0-10 (Tabela 5), indicando um efeito de curto prazo não observado por Gonçalves et al. (2019) que não perceberam diferença no C-BMS entre os sistemas de plantio e as sucessões de culturas nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-15cm, contudo a avaliação do C-BMS da pesquisa destes autores, também em um Argissolo Vermelho Amarelo, foi submetida aos sistemas com adubo verde e sucessões de culturas milho-feijão por dez anos.

**Tabela 5.** Resultado da interação significativa entre períodos e adubações verdes para os valores de C-BMS na camada 0-10 cm de solo da área do experimento de campo-ECCAC- PE

TRATAMENTO/PERÍODO	PRÉ-LEGUMINOSA	PÓS-LEGUMINOSA	MILHO
AVCJ	256,88Ab	167,18ABa	134,97Ba
AVSA	168,81Abc	122,41Aa	149,76Aa
FCM	259,26Ab	131,42Ba	120,49Ba
FECG	80,52Ac	158,19Aa	125,66Aa
GAH	172,83Abc	191,17Aa	146,74Aa
GPV	204,58Ab	119,5Aa	109,28Aa
GVU	178,42Abc	131,46Aa	105,17Aa
TC	368,79Aa	155,27Ba	143,24Ba
VE	397,18Aa	113,58Ba	141,19Ba

Legenda: GPV: Granífera *Phaseolus vulgaris*, GVU: Granífera *Vigna unguiculata*, GAH: *Arachis hypogea*, FCM: Forrageira *Calopogonium mucunoides*, FECG: Forrageira Estilosantes Campo Grande, AVSA: Adubo verde *Stylobium aterrimum*, AVCJ: Adubo verde *Crotalaria juncea*, TC: Tratamento controle, VE: Vegetação espontânea. Diferença significativa ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Realizada entre os períodos de coleta para um mesmo tratamento e entre diferentes tratamentos entre si: Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha demonstram que não houve diferença significativa. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna indicam que não há diferença entre os tratamentos dentro de um mesmo período.

Talvez o período de estabelecimento de três meses não seja suficiente para reter C-BMS e proporcionar o equilíbrio adequado para o sistema, isso não significa que é ruim para o sistema, mas sim que não houve tempo suficiente. Tanto que o equilíbrio já começa a ser indicado após três meses de coleta, já no período pós-milho no C-BMS da profundidade 10-20, onde houve um acréscimo da retenção do carbono na microbiota do solo (Tabela 3).

E além das diferenças significativas ao longo do tempo, para C-BMS na profundidade 0-10, observou-se diferenças significativas entre as parcelas de tratamentos no período pré-

leguminosa (Tabela 6) com homogeneidade de valores de C-BMS para os demais períodos e sem diferença significativas entre tratamentos do período pós-leguminosa e pós-milho. Tal fato evidencia a variabilidade natural dos solos não cultivados e a estabilidade e homogeneidade do sistema de solos sob cultivo agrícola.

Não foram encontradas diferenças significativas entre TC e VE, indicando que a vegetação nativa proporciona pouco ou nenhum sistema de proteção na QS. Resultados diferentes foram encontrados por Bueno et al. (2018) estudando o solo sob cultivo de 5 espécies de capim, relatando que o C-BMS foi menor no sistema de pousio, pois os capins proporcionaram maior equilíbrio mantendo o carbono imobilizado quando comparado com o solo não cultivado.

Para o teor de C-total no solo, nesta pesquisa observou-se um decréscimo do C-solo entre os períodos com diferenças significativas entre eles (Tabela 3). Contrariando Liu et al. (2019) que afirmam que o aumento da MOS principalmente da liteira e biomassa de raízes permite menores oscilações em termos de quantidade de C-solo devido aos processos de decomposição microbiana.

É possível que nesta pesquisa tal aumento não tenha sido observado pois o C-total foi avaliado somente entre 0-10cm de profundidade. Mukumbuta, Shimizu e Hatano, (2019) apresentam em seus resultados que C do solo a 15–30 cm de profundidade aumentou e mostra que a rotação ocasional de curto prazo de pastagens manejadas com áreas cultiváveis pode ser uma prática importante para aumentar o armazenamento de C-solo.

### **3.4 Conclusões**

O cultivo com cobertura viva de leguminosas diminui as perdas de C-solo para C-atmosfera por RBS e o aumento da cobertura morta do solo por adição de palhada mantém o C no solo através da C-BMS, principalmente, na profundidade 10-20cm.

## Referências

- AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/>>. Acesso em: 26 de maio de 2019.
- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Eds.). **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. Academic Press, Oxford, 1995, 576 p.
- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in dormant state. **Biology Fertility Soils**, Berlin, v. 1, n. 1, p. 81-89, 1985.
- ANJILELI, H.; MOFTAKHARI, H. R.; MAZDIYASNI, O.; NOROUZI, H.; ASHRAF, S.; FARAHMAND, A.; BOWLER, P.; AZARDERAKHSH, M.; HUXMAN, T. E.; AGHAKOUCHAK, A. Analyzing high frequency soil respiration using a probabilistic model in a semi- arid, Mediterranean climate. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, Gottingen, v. 124, n. 3, p. 509-520, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1029/2018JG004640>>.
- AVILA, J. M.; GALLARDO, A.; GÓMEZ-APARICIO, L. Pathogen-induced tree mortality interacts with predicted climate change to alter soil respiration and nutrient availability in Mediterranean systems. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 142, n. 1, p. 53-71, 2019.
- BARBIERI, M.; DOSSIN, M. F.; DALLA NORA, D.; DOS SANTOS, W. B.; BEVILACQUA, C. B.; DE ANDRADE, N.; ANTONIOLLI, Z. I. Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 42, n. 1, p. 121-130, 2019.
- BAREL, J.M.; KUYPER, T.W.; PAUL, J.; DE BOER, W.; CORNELISSEN, J.H.; DE DEYN, G.B. Winter cover crop legacy effects on litter decomposition act through litter quality and microbial community changes. **Journal of Applied Ecology**, New Jersey, v. 56, n. 1, p. 132-143, 2019.
- BONGIORNO, G.; BÜNEMANN, E. K.; OGUEJIOFOR, C. U.; MEIER, J.; GORT, G.; COMANS, R.; MADER, P.; BRUSSAARD, L.; DE GOEDE, R. Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 99, n. 1, p. 38-50, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.008>>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.
- BUENO, L. L.; BERNARDES, G. K. R.; SOUZA, A. G. V.; BRANDÃO, T. P.; DOS SANTOS, T. E. B. Eficiência da comunidade microbiana do solo na incorporação do C-CO<sub>2</sub> liberado e produtividade de gramíneas no sistema silvipastoril. **Anais da Semana de Ciências Agrárias e Jornada de Pós-graduação em Produção Vegetal** (ISSN 2594-9683), v. 14, p. 84-87, 2018.
- CAMPOS, L. F. C.; CAMPOS, C. M. D. A.; COLLIER, L. S.; SELEGUINI, A. Effect of nutrient cycle influenced by inter-row cover crops on the nutritional status of rustic grapevine. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, Medellín, v. 72, n. 1, p. 8685-8698, 2019.

CHEN, X.; CHEN, H. Y. H. Plant diversity loss reduces soil respiration across terrestrial ecosystems. **Global change biology**, New Jersey, v. 25, n. 4, p. 1482-1492, 2019.

COSTA, N. L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHAES, J. A.; PEREIRA, R. G. DE A. **Formação e manejo de pastagens de calopogônio em Rondônia**. Rondônia: EMBRAPA: CPAF, 2001. 2 p. (EMBRAPA-CPAF. Documentos, RT/34).

DE ANDRADE BARBOSA, M.; DE SOUSA FERRAZ, R. L.; COUTINHO, E. L. M.; NETO, A. M. C.; DA SILVA, M. S.; FERNANDES, C.; RIGOBELLO, E. C. Multivariate analysis and modeling of soil quality indicators in long-term management systems. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 657, n. 1, p. 457-465, 2019.

DE LIMA CRUZ, N. N.; VALLADARES, G. S.; SOARES, I.; CAMARGO, O. A. Distribuição espacial da qualidade dos solos da capta-frutas em Jundiaí, São Paulo. **Revista equador**, Teresina, v. 7, n. 2, p. 147-161, 2019.

DE MEDEIROS, E. V.; SILVA, A. O.; DUDA, G. P.; DOS SANTOS, U. J.; DE SOUZA JUNIOR, A. J. The combination of *Arachis pintoii* green manure and natural phosphate improves maize growth, soil microbial community structure and enzymatic activities. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 435, n. 1-2, p. 175-185, 2019.

EBRAHIMI, M.; SARIKHANI, M. R.; SINEGANI, A. A. S.; AHMADI, A.; KEESSTRA, S. Estimating the soil respiration under different land uses using artificial neural network and linear regression models. **Catena**, Amsterdam, v. 174, n. 1, p. 371-382, 2019.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Manual de análises químicas de solos. Brasília, 1999.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 27 p.

GONÇALVES, V. A.; MELO, C. A. D.; DE ASSIS, I. R.; FERREIRA, L. R.; SARAIVA, D. T. Biomassa e atividade microbiana de solo sob diferentes sistemas de plantio e sucessões de culturas. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Amazônia, v. 62, n. 1, p. 1-8, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.22491/rca.2019.2611>>

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v. 27, n. p. 408-416, 1998.

KERDRAON, D.; DREWER, J.; CASTRO, B.; WALLWORK, A.; HALL, J. S.; SAYER, E. J. Litter traits of native and non-native tropical trees influence soil carbon dynamics in timber plantations in Panama. **Forests**, Basel, v. 10, n. 3, p. 209, 2019.

KWON, M. J.; NATALI, S. M.; HICKS PRIES, C. E.; SCHUUR, E. A.; STEINHOF, A.; CRUMMER, K. G.; ZIMOV, N.; ZIMOV, S.A.; HEIMANN, M.; KOLLE, O.; GÖCKEDE, M. Drainage enhances modern soil carbon contribution but reduces old soil carbon contribution to ecosystem respiration in tundra ecosystems. **Global change biology**, Oxon, v. 25, n. 4, p. 1315-1325, 2019.

- LEWANDOWSKI, T. E.; FORRESTER, J. A.; MLADENOFF, D. J. D; AMATO, A. W.; FASSNACHT, D. S.; PADLEY, E.; AMP; MARTIN, K. J. Do biological legacies moderate the effects of forest harvesting on soil microbial community composition and soil respiration. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam v. 432, n. 1, p. 298-308, 2019.
- LI, J.; TIAN, D.; HUANG, R.; XU, G. X.; LI, J. C.; GAO, M.; WANG, Z. F. Effects of Straw and Biochar Addition on Soil Carbon Balance and Ecological Benefits in a Rape-maize Rotation Planting System. **Huan jing ke xue**, Beijing, v. 39, n. 9, p. 4338-4347, 2018.
- LIU, Y.; SHANG, Q.; WANG, L.; LIU, S. Effects of Understory Shrub Biomass on Variation of Soil Respiration in a Temperate-Subtropical Transitional Oak Forest. **Forests**, Basel, v. 10, n. 2, p. 88, 2019.
- LOPES, O. M. N. **Crotalaria juncea L. e Crotalaria spectabilis Roth: Leguminosas para adubação verde do solo e alimentação animal**. Altamira-PA: EMBRAPA: Amazônia Oriental, 2000. 2 p. (Embrapa-Amazônia Oriental. Documentos, RT/14).
- LYCHUK, T. E.; MOULIN, A. P.; LEMKE, R. L.; IZAURRALDE, R. C.; JOHNSON, E. N.; OLFERT, O. O.; BRANDT, S. A. Climate change, agricultural inputs, cropping diversity, and environment affect soil carbon and respiration: A case study in Saskatchewan, Canada. **Geoderma**, Amsterdams, v. 337, p. 664-678. (2019).
- MOINET, G. Y.; MIDWOOD, A. J.; HUNT, J. E.; RUMPEL, C.; MILLARD, P.; CHABBI, A. Grassland Management Influences the Response of Soil Respiration to Drought. **Agronomy**, Madison, v. 9, n. 3, p. 124, 2019.
- MUKUMBUTA, I.; SHIMIZU, M.; HATANO, R.; Short-term land-use change from grassland to cornfield increases soil organic carbon and reduces total soil respiration. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 186, n. 1, p. 1-10, 2019.
- PERNAMBUCO, C. F. E. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: segunda aproximação**. Recife: Instituto Agrônomico de Pernambuco - IPA, 2008. 212 p.
- RIBEIRO F. E.; PELOSO, M. J.; BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O.; OLIVEIRA, L. F. C. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) nas regiões Norte e Nordeste do Brasil**. Santo Antônio de Goiás-GO: EMBRAPA: Arroz e Feijão, 2011. 64 p. (EMBRAPA-Arroz e Feijão. Documentos, Circular técnica/89).
- RIBEIRO, V. Q. **Cultivo do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina, PI: EMBRAPA Meio-Norte, 2002. 108 p.
- SHRESTHA, P.; GAUTAM, R.; ASHWATH, N.. Effects of agronomic treatments on functional diversity of soil microbial community and microbial activity in a revegetated coal mine spoil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 338, n. p. 40-47, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.11.038>>.
- SILVA-SÁNCHEZ, A.; SOARES, M.; ROUSK, J. Testing the dependence of microbial growth and carbon use efficiency on nitrogen availability, pH, and organic matter quality. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 1, n. 1, p.1, 2019.
- SIMÕES NETO, D. E. S.; DE OLIVEIRA, A. C.; DA ROCHA, A. T.; FREIRE, F. J.; DOS SANTOS FREIRE, M. B. G.; DO NASCIMENTO, C. W. A. Níveis críticos de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar em Pernambuco. **Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 802-810, 2011.

SOARES, M.; ROUSK, J.. Microbial growth and carbon use efficiency in soil: Links to fungal-bacterial dominance, SOC-quality and stoichiometry. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 131, n. 1, p. 195-205, 2019.

SPOHN, M.; SCHLEUSS, P. M. Addition of inorganic phosphorus to soil leads to desorption of organic compounds and thus to increased soil respiration. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 130, n. 1, p. 220-226, 2019.

TONIAZZO, F.; RODRIGUES, A. C.; ROSA, M. M., DA ROS, C. O.; BECEGATO, V. A.; LAVNITCKI, L.;CANTONI, F. Avaliação Da Liberação de CO<sub>2</sub> Em Solo Com Adição De Águas Residuárias Suinícolas E Impactos Ambientais E Sociais Da Suinocultura. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Palhoça, v. 7, n. 1, p. 253-274, 2018.

YAZHINI, G.; SATHIYA BAMA, K.; PORPAVAI, S.; CHANDRA SEKARAN, N. Potential of Cropping Sequences on Soil Carbon Sequestration. **International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology**, Telangana, v. 6, n.1, p. 1-16, 2019.

ZHOU, G.; CAO, W.; BAI, J.; XU, C.; ZENG, N.; GAO, S.; REES, R. M. Non-additive responses of soil C and N to rice straw and hairy vetch (*Vicia villosa* Roth L.) mixtures in a paddy soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 436, n. 1-2, p. 229–244, 2019.



*“Porque a terra por si mesma frutifica, primeiro a erva, depois a espiga, por último o grão cheio na espiga. E quando o fruto se mostra, mete-lhe logo a foice, porque está chegada a ceifa” Mc4:28,29*



#### 4 LEGUMINOSAS GRANÍFERAS, FORRAGEIRAS E DE ADUBO VERDE E SEUS EFEITOS NO MILHO SUBSEQUENTE

##### RESUMO

O milho é exigente quanto à fertilidade do solo, principalmente nitrogênio, o que aumenta seus custos de produção. Nesse aspecto, a adubação verde com leguminosas pode ser uma opção de fornecimento de nutrientes pois incrementa a matéria orgânica do solo. A eficiência do adubo verde está relacionada, entre outras coisas, à cultura escolhida para essa função. O objetivo desta pesquisa foi examinar o efeito de sete leguminosas com diferentes tipos de uso: Granífera (G) (amendoim (*Arachis hypogaea*), feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e caupi (*Vigna unguiculata*)), Forrageira (F) (calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) e Estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes spp*)) e apenas Adubo Verde (AV) (crotalária (*Crotalaria juncea*) e mucuna preta (*Stylobium aterrimum*)), além de tratamentos controle com vegetação espontânea e sem cobertura vegetal, avaliadas diretamente após a leguminosa e após o milho subsequente. Foram mensurados massa seca da parte aérea, raízes e grãos, teores de N da parte aérea, hemicelulose (FDN) e lignina (FDA). De um modo geral as leguminosas do grupo AV apresentaram maior produção de palhada e conseqüentemente proporcionaram maior quantidade de plantas de milho e de espigas, maior produtividade de grãos e biomassa da parte aérea, clorofila total e maiores acúmulos de N, FDN e FDA.

**Palavras-chave:** Adubação verde. Ciclagem de nutrientes. *Zea mays* L.

## GRAIN FORAGE AND GREEN MANURING LEGUMES AND THEIR EFFECTS ON SUBSEQUENT CORN

### ABSTRACT

Corn is soil fertility demanding, particularly to nitrogen, which increases its production costs. Thus, green manuring with legumes might be a nutrient supplying option, since it increases soil organic matter. Green manure efficiency is related, among other aspects, to which species is selected to this end. This research aimed to evaluate the effect of seven legume with different usages: grain (G) (peanuts (*Arachis hypogaea*), common beans (*Phaseolus vulgaris*) and cowpea (*Vigna unguiculata*)), forage (F) (calopo (*Calopogonium mucunoides*) and Campo Grande stylo (*Stylosanthes spp*)) and green manuring only (AV) (sunn hemp (*Crotalaria juncea*) and black velvet (*Stylobium aterrimum*)), besides control treatments with spontaneous vegetation and without plant cover, evaluated directly after the legume and after the subsequent corn. Shoot, root and grain dry masses, and shoot N content, hemicellulose (FDN) and lignin (FDA) contents were determined. Overall, the AV legumes had higher shoot dry mass and as a result led to higher corn population and cob numbers, grain yield, shoot dry mass, total chlorophyll and accumulated N, FDN and FDA.

**Keywords:** Green manuring. Nutrient cycling. *Zea mays* L.

## 4.1 Introdução

Os fertilizantes inorgânicos aumentam o rendimento nas culturas de interesse agrícola (RASOOL; KUKAL; HIRA, 2008) e a praticidade no manejo, contudo seu uso indevido e em excesso pode causar emissão de gases poluentes para a atmosfera, contaminação das águas e intoxicação das plantas, além de acarretar um desequilíbrio químico dos elementos do solo. Assim, uma forma de diminuir esses malefícios seria combinar fertilizantes inorgânicos e orgânicos o que além de melhorar a fertilidade do solo (CUI et al., 2018) reduz a aplicação de fertilizantes industriais.

A redução de fertilizantes inorgânicos e a promoção da reciclagem de nutrientes são desafios no manejo de solos agrícolas (BROWN et al., 2019) e o incremento de matéria orgânica no solo pode ser a solução. Uma proposta viável é a adubação verde (PEREIRA et al., 2019), que pode acumular próximo a 1082 kg C/ha por ano (ZHANG et al., 2019) e ser bastante eficaz na ciclagem de nutrientes no solo, principalmente de C e N.

Nesse sentido, a biomassa de leguminosas funciona como um reservatório de nutrientes essenciais à planta, sobretudo N, uma vez que, aumenta a imobilização estável do amônio (QUAN et al., 2016) principalmente se a mineralização da biomassa de leguminosas for sincronizada com a demanda da cultura subsequente (CALÇADA; REZENDE; TEODORO, 2019) dispensando o uso de fertilização suplementar (DIACONO; BALDIVIESO-FREITAS; SANS, 2019).

Contudo, para exercer a função de fonte de N para cultivos subsequentes, as leguminosas devem fixar N suficiente para satisfazer os requisitos do posterior plantio, além de transferir N pela biomassa (KANDEL et al., 2019), como quando do uso de leguminosas de adubo verde como a *Crotalaria juncea* (WENDLING; MACHADO FILHO; DEL POZO, 2019) e a mucuna preta (BENTO; CARVALHO; GERVAZIO, 2015).

Embora estas espécies sejam comumente utilizadas como adubo verde, outras espécies de leguminosas que têm uso econômico próprio como produção de grãos ou forragem também tem potencial na adubação verde. Assim, o agricultor aproveita o produto comercial e favorece cultivos subsequentes das culturas subsequentes.

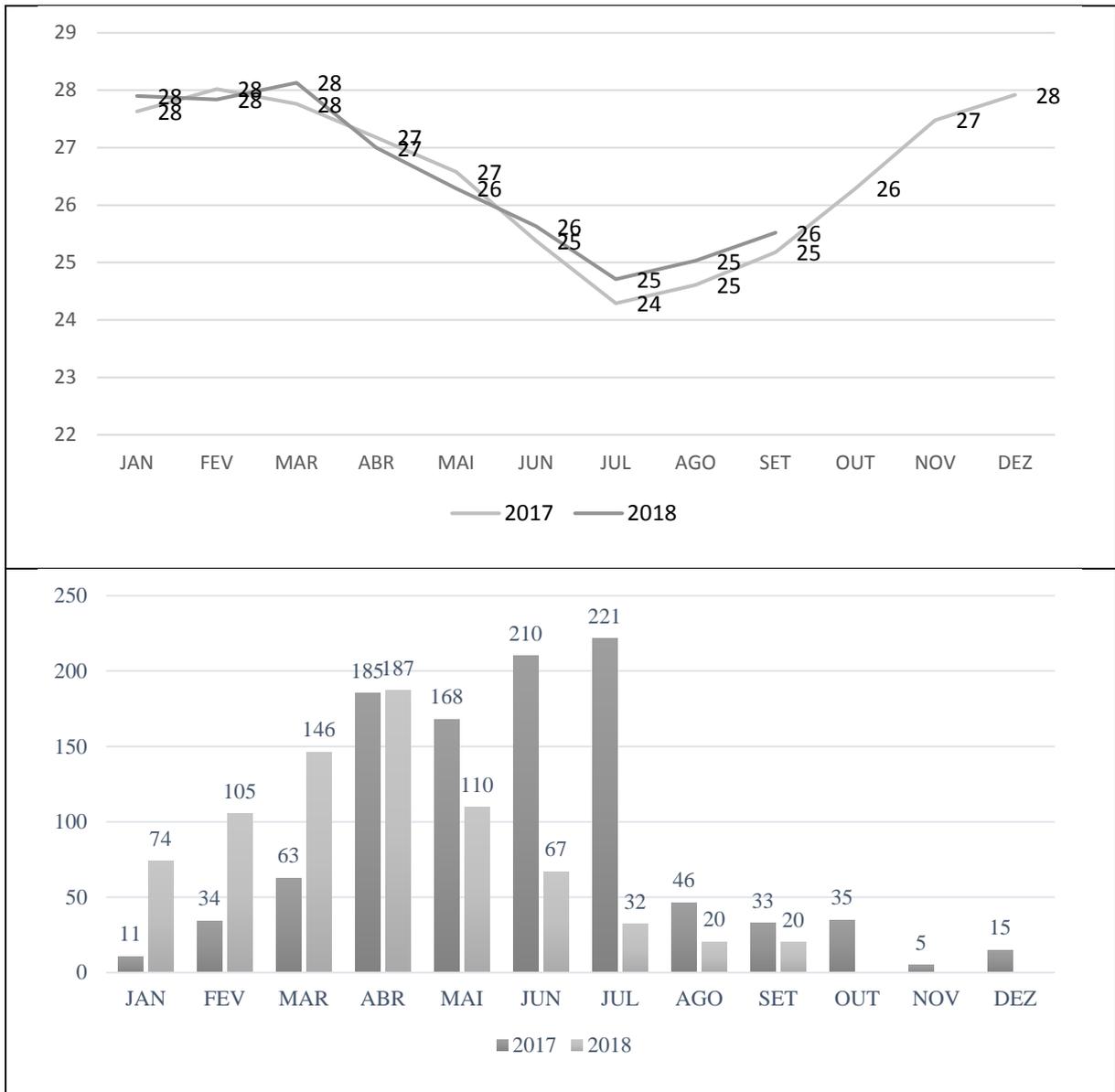
Para tal devem ser avaliadas quais leguminosas atendem à demanda da cultura subsequente, além das necessidades de renda do produtor (CONTERATO; STRATE, 2019). É ao agricultor que cabe a decisão de qual leguminosa é mais adaptada às condições edafoclimáticas locais e economicamente rentável para o conjunto do sistema (DE LIMA; GAMA, 2018).

Uma possibilidade interessante é o uso de leguminosas forrageiras (HERNÁNDEZ; GONZÁLEZ; LÓPEZ, 2019) que também proporcionam nutrientes através de efeitos secundários pelos dejetos animais (PORTILLA-PINZÓN et al., 2019). Uma segunda possibilidade interessante são as leguminosas graníferas, que fornecem produtos básicos para a alimentação humana (DUNCAN et al., 2019) e animal como, por exemplo, alguns tipos de feijões (NASCIMENTO; RAMOS; DA SILVA, 2019).

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da biomassa vegetal de leguminosas tradicionalmente usadas na adubação verde e de leguminosas graníferas e forrageiras sobre a cultura subsequente do milho.

#### **4.2 Material E Métodos**

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar da Universidade Federal Rural de Pernambuco (ECCAC-UFRPE) localizada no Município de Carpina, Pernambuco. A EECAC localiza-se numa altitude média de 180 m e dista 56 Km da capital (Recife) apresentando as seguintes coordenadas geográficas: latitude: 7°51'04'' e longitude: 35°14'27'', com clima predominante As' de acordo com a classificação de KÖPPEN, tropical chuvoso com verão seco e com temperatura média anual em torno de 27°C (AGRITEMPO, 2019) e os dados climáticos durante o período experimental são apresentados na Figura 1.



**Figura 1.** Valores mensais de temperatura (a) (AGRITEMPO, 2019) e precipitação (mm) (b): Estação: 095 (IPA), Município de Carpina-PE

Foi escolhida uma área sob pousio de um ano após cultivo por décadas com cana-de-açúcar. Foram adotadas parcelas de 4 m de comprimento por 6 m de largura, com área total de 24 m<sup>2</sup> e área útil de 15 m<sup>2</sup>, com 1m entre parcelas e 2 m no delineamento em blocos completos casualizados com quatro repetições.

Foi realizada amostragem do solo nas camadas 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm para teores de nutrientes e carbono e nitrogênio total (EMBRAPA, 1999), bem como granulometria (EMBRAPA et al., 1997) (Tabela 1). As amostras simples foram coletadas em cinco pontos aleatórios dentro de uma mesma parcela, formando uma amostra composta por parcela, em triplicata. O solo é classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso abruptico, textura franca arenosa (SIMÕES NETO et al., 2011).

A primeira coleta de amostragem geral da área se deu no dia 02 de maio de 2017 para averiguar a necessidade de correção e posteriormente ser realizado o preparo da área. Para realizar a correção do pH e elevar o Ca e a saturação por bases foi realizada a calagem (2 toneladas/hectare) com calcário dolomítico (PRNT 77%) no dia 31 de maio de 2017.

Já em 31 de agosto de 2017, o solo foi fertilizado de acordo com a recomendação de Pernambuco (2008). Como só havia recomendação para o amendoim plantio ou cobertura (80 kg/ha de P e 25kg/ha de K), caupi (60 kg/ha de P e 40kg/ha de K) e feijão comum irrigado (80 kg/ha de P e 25kg/ha de K), optou-se por utilizar a referência daquele que indicava maior quantidade de fertilizante. Assim, foi aplicado 173,9kg/ha SFT (46% de P) e 133,3kg/ha de cloreto de potássio KCl (60% de K) (PERNAMBUCO, 2008).

Ainda antes do plantio das leguminosas, no dia 20 de junho de 2017, foi aplicado o glifosato (4,7L/ha) antes da semeadura das leguminosas e em 15 de agosto de 2017 foi realizado o revolvimento do mesmo, com posterior delimitação e sulcagem da área.

As leguminosas utilizadas foram classificadas como: Granífera (amendoim, feijão caupi e comum); Forrageira (Estilosantes Campo Grande e Calopogônio) e Adubo verde (crotalária da flor amarela e mucuna preta) (Tabela 2). Além das sete leguminosas, foram adotados dois tratamentos controle: com mato (VE: vegetação espontânea) e sem mato (TC: tratamento controle).

Todas as sementes foram testadas quanto ao seu potencial de germinação e os tratamentos com leguminosas foram inoculados com inoculante turfoso adquirido junto à EMBRAPA Agroecologia de Seropédica-RJ. Para cada espécie de leguminosas utilizou-se o inoculante indicado pelo fabricante tomando cuidado com as devidas proporções (Tabela 2).

**Tabela 1.** Propriedades físicas e químicas do solo coletados em três camadas (0-20, 20-40 e 40-60 cm) para amostragem geral da área experimental (1700m<sup>2</sup>): valores adquiridos antes de qualquer plantio

<b>Características físicas</b>														
Densidade		Composição Granulométrica										Umidade Residual		
Dap	Dr	Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Silte	Argila Natural	Grau Floculação	Classe Textural						
g/cm <sup>3</sup>		%												
<b>00-20</b>	1,36	2,62	46	24	19	11	4	79	Franco siltosa		0,40			
<b>20-40</b>	1,3	2,62	43	24	23	10	4	83	Franco argilo-arenosa		0,55			
<b>40-60</b>	1,3	2,62	44	23	23	10	8	65	Franco argilo-arenosa		0,45			
<b>Características químicas</b>														
P		pH	Ca	Mg	Na	K	Al	H	Calagem	S	CTC		V	m
mg/dm <sup>3</sup>		H <sub>2</sub> O	cmol/dm <sup>3</sup>						t/ha	cmol/dm <sup>3</sup>		%		
<b>00-20</b>	7	5,20	0,90	0,60	0,06	0,07	0,70	7,63	1,5	1,6	10,0		16	30
<b>20-40</b>	5	5,00	0,75	0,50	0,06	0,05	1,20	8,36		1,4	10,9		12	47
<b>40-60</b>	3	4,90	0,50	0,50	0,06	0,05	1,20	7,21		1,1	9,5		12	52

Legenda: Dap: Densidade aparente Dr: Densidade relativa.

Foram semeadas 3 sementes por cova concomitantemente com a adubação no dia 31 de agosto de 2017, sem posterior desbaste. Para os tratamentos GAH, GPV e GVU foi adotado o espaçamento de 0,25m entre covas e 0,5m entrelinhas conforme recomendação de espaçamento para feijão caupi (RIBEIRO, 2002) e comum (RIBEIRO et al., 2011). Para FCM e FECG, o espaçamento foi 0,5m entre covas e 1m entre linhas (COSTA et al., 2001), enquanto para AVSA e AVCJ foram adotados espaçamentos entrelinhas de 0,5m e entre covas de 0,2m, segundo (LOPES, 2000).

As leguminosas foram colhidas no dia 22 de dezembro de 2017, para uso como adubo verde, para análise com posterior incorporação do restante do material da biomassa vegetal no solo. Os cortes simularam condições de uso econômico das diferentes espécies (Tabela 3), e foi realizada amostragem pelo método do quadrante (1mx1m) em dois pontos distintos dentro da área útil de cada parcela. Também foram colhidas 10 leguminosas em cada parcela para separação em parte aérea, raiz, grãos e nódulos e cada porção desta foi acondicionada em sacos de papel para secagem em estufa (65°C).

Toda a parte aérea colhida das leguminosas foi submetida a análise de Nitrogênio para avaliar a contribuição deste elemento ao longo do tempo. Assim, foram analisados os acúmulos de N, FDN e FDA pela parte aérea das diferentes leguminosas, em função das diferentes espécies entre si bem como controle com planta. Para tal, foi utilizado o método Kjeldahl, adaptado de Bezerra Neto e Barreto (2004).

Os grãos de amendoim foram separados antes da pesagem do sistema radicular, sendo determinado o seu peso seco de forma similar às demais graníferas. A parte aérea das leguminosas forrageiras foi dividida em forragem (porção acima de 10 cm de altura do solo) e adubo verde (abaixo desta altura). No entanto não foi possível determinar os grãos de todas as graníferas cultivadas. Devido a imprevistos no campo, foi excluído para esta análise o tratamento GPV sendo somente triados, secos, pesados e quantificados os grãos produzidos nos tratamentos GAH e GVU.

Foi realizada nova aplicação de glifosato conforme a primeira em dia 29 de dezembro de 2017 antes da semeadura do milho que se deu no dia 10 de janeiro de 2018. Antes do semeio, o milho foi misturado com um inoculante líquido (100 ml/ha) com *Azospirillum brasilense* (AzzoFix®) e com o selante da mesma marca (SynFlex) disponibilizado pela empresa Microquímica.

**Tabela 2.** Nomenclatura das espécies de Fabaceae, nomes vulgares, variedades e siglas adotadas durante o experimento de campo com adubação verde, bem como respectivos inoculantes utilizados antes da semeadura

Nome Científico	Nome Comum	Sigla	Variedades	Estirpe	Espécie
<i>Crotalaria juncea</i> L.	Crotalária	AVCJ	comercial	BR 2003	<i>Bradyrhizobium sp.</i>
<i>Stizolobium aterrimum</i> Piper & Tracy	Mucuna preta	AVSA	crioula	BR2811	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
<i>Calopogonium mucunoides</i> Dev.	Calopogônio	FCM	comercial	BR 1602	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>
Estilosantes campo grande <sup>1</sup>	Estilosantes	FECG	comercial	BR 446	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>
<i>Arachis hypogaea</i> L.	Amendoim	GAH	BRSHAVANA	BR 1436	<i>Bradyrhizobium sp.</i>
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Feijão	GPV	IPA10	BR 322	<i>Rhizobium tropici</i>
<i>Vigna unguiculata</i> L.	Feijão caupi	GVU	IPA207	BR 3267	<i>Bradyrhizobium sp.</i>
<i>Zea mays</i> L.	milho	MILHO	BRS5026	AzzoFix®	<i>Azospirillum brasilense</i>

Legenda: GPV: Granífera *Phaseolus vulgaris*, GVU: Granífera *Vigna unguiculata*, GAH: *Arachis hypogaea*, FCM: Forrageira *Calopogonium mucunoides*, FECG: Forrageira Estilosantes Campo Grande, AVSA: Adubo verde *Stizolobium aterrimum*, AVCJ: Adubo verde *Crotalaria juncea*, TC: Tratamento controle, VE: Vegetação espontânea.

<sup>1</sup> Mix de duas espécies do gênero *Stylosanthes* spp: 80% *Stylosanthes captata* Vog. e 20% *Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira & N.N. Sousa Costa.

**Tabela 3.** Formas que as diferentes espécies de leguminosas estudadas foram colhidas no campo, bem como partes da planta que foi triada para secagem

GRUPO	Tratamento	Cultura/leguminosa	Colheita no quadrante (1m <sup>2</sup> )	Colheita de 10 plantas por parcela
Graníferas	GAH	<i>Arachis hypogaea</i>	rente ao chão	raiz, flor, fruto, folha
Graníferas	GPV	<i>Phaseolus vulgaris</i>	rente ao chão	raiz, flor, fruto, folha
Graníferas	GVU	<i>Vigna unguiculata</i>	rente ao chão	raiz, flor, fruto, folha
Forrageiras	FECG	<i>Stylosanthes spp</i>	folha acima de 10cm e folha abaixo de 10cm	folha e raiz
Forrageiras	FCM	<i>Calopogonium mucunoides</i>	folha acima de 10cm e folha abaixo de 10cm	folha e raiz
Adubação verde	AVCJ	<i>Crotalaria juncea</i>	rente ao chão	raiz, flor, folha
Adubação verde	AVSA	<i>Stizolobium aterrimum</i> )	rente ao chão	raiz, flor, folha
POUSIO	VE		rente ao chão	raiz, flor, folha

Legenda: GPV: Granífera *Phaseolus vulgaris*, GVU: Granífera *Vigna unguiculata*, GAH: *Arachis hypogaea*, FCM: Forrageira *Calopogonium mucunoides*, FECG: Forrageira Estilosantes Campo Grande, AVSA: Adubo verde *Stizolobium aterrimum*, AVCJ: Adubo verde *Crotalaria juncea*, TC: Tratamento controle, VE: Vegetação espontânea.

O milho foi colhido no dia 25 de maio de 2018, e as amostras foram pesadas no campo e subamostradas em 1kg. Foram separadas 3 espigas visualmente maiores e mais saudáveis dentro da área útil de cada parcela, e seus grãos foram secos, contados e pesados conforme Brasil (1992). A parte aérea do milho colhida foi submetida a análise de Nitrogênio utilizando uma adaptação do método Kjeldahl (BEZERRA NETO; BARRETO, 2004).

Após análise de variância (SAS, 2011), foram realizados os contrastes ortogonais entre os pares: Tratamento controle e Vegetação espontânea, Tratamento controle e leguminosas, não cultivados (VE e TC) e cultivados, Graníferas e Adubação Verde, bem como teste de Tukey comparando os tratamentos.

### **4.3 Resultados e Discussão**

Houve maior produtividade de MS nas parcelas com espécies tipo adubo verde (Tabela 4). Já o amendoim e o caupi apresentaram diferença significativa quando comparados as do tipo adubo verde, porém sem diferença significativa entre si. Ao comparar a biomassa produzida por duas espécies de leguminosas graníferas, Zhang et al. (2019) perceberam que a soja produziu mais MS para adubação verde do que o feijão mungu e ressaltam a importância da escolha da leguminosa para o uso como adubo verde.

Semelhante à De Lima et al. (2019) a crotalária caracterizou-se como de porte mais alto com a parte aérea apresentando caules longos com muitas ramificações e ainda aqui sua colheita (90 dias) coincidiu com o período da sua intensa floração. Colombo et al. (2019) ao avaliar três épocas de corte da crotalária associada com a araruta (90, 120 e 150 dias após a semeadura) afirmam que corte da crotalária aos 90 dias proporcionou valores superiores aos cortes realizados aos 120 e 150 dias para maioria das variáveis avaliadas naquele trabalho.

Vale mencionar que estudos evidenciam que a crotalária leva a rendimentos próximos aos obtidos com a fertilização mineral para a cultura subsequente (SARMENTO et al., 2019) e que mesmo sob solo compactado garantiu a maior produção de biomassa da parte aérea (DE LIMA et al., 2019). Ainda, apesar do pH do solo menos favorável em sistema que incluía adubo verde com intensificação da acidez, Martyniuk, Piķuła e Koziel (2019) perceberam que este manejo proporcionou maiores rendimentos de MS e de grãos foram maiores para o trigo subsequente.

**Tabela 4.** Produção de matéria seca radicular (MSR), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MS) e acúmulos de N, FDN e FDA pela parte aérea de diferentes leguminosas, em função das diferentes espécies entre si e tratamentos controles com e sem planta, em experimento de campo visando adubação verde no cultivo subsequente de plantas de milho

Tratamento	MSR (Kg/ha)	MSN (g/ha)	MS (Kg/ha)	N-acumulado (Kg/ha)	N- Teor (%)	FDN (%)	FDA (%)
AVCJ	54,45A	89,33AB	559,75A	2,748A	2,957A	62,018A	41,892A
AVSA	49,43A	161,06A	353,18AB	2,548AB	2,770A	59,158A	32,255A
FCM	10,42A	378,44A	17,18C	1,235C	2,741A	57,473A	33,534A
FECG	Ø	65,61AB	8,79C	0,944C	2,994A	57,716A	34,701A
GAH	32,43A	42,07AB	165,95B	2,220B	2,202B	61,608A	37,022A
GPV	0,97B	2,25AB	201,83AB	2,305AB	1,426C	63,065A	40,392A
GVU	29,92A	61,51AB	175,38B	2,244B	2,820A	57,020A	34,800A
TC	0,000B	0B	0,000D	0,000D	0,000D	0,000B	0,000B
VE	38,19A	1,81AB	174,18B	2,241B	1,445C	62,015A	43,597A

\* Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna (representam comparação entre um tratamento e outro) diferem estatisticamente a 0,1%. Legenda: GPV: Granífera *Phaseolus vulgaris*, GVU: Granífera *Vigna unguiculata*, GAH: *Arachis hypogea*, FCM: Forrageira *Calopogonium mucunoides*, FECG: Forrageira Estilosantes Campo Grande, AVSA: Adubo verde *Stylobium aterrimum*, AVCS: Adubo verde *Crotalaria juncea*, TC: Tratamento controle, VE: Vegetação espontânea. Símbolo Ø: Os valores de MSR para Estilosantes foram subestimados. MSR: massa seca da raiz (kg/ha); MSN: massa seca de nódulos (kg/ha); MS: massa seca da parte aérea (kg/ha); N acumulado = teor de N x MS para o conteúdo total de N da parte aérea por ha, N%: teor de nitrogênio; FDA: fibra em detergente ácido; FDN: fibra em detergente neutro.

Em se tratando da produção de forragem e grãos os tratamentos não diferiram significativamente entre si, contudo, a produção de grãos foi maior no amendoim (Tabela 5) indicando possível maior lucratividade do que com o caupi. Já a produção de forragem foi maior para o calopogônio (Tabela 5) que produziu mais biomassa para ser utilizada como alimentação animal sendo igualmente mais vantajoso utilizar o calopogônio para uso como adubo verde.

**Tabela 5.** Produção de massa seca da parte aérea destinada à forragem (MSF) pelas leguminosas forrageiras e massa seca de grãos (MSG) pelas leguminosas graníferas, em função dos tipos forrageiras e tipos graníferas adotados em experimento de campo no ano de 2017

Grupo/Espécies	Subproduto avaliado
<b>Forrageiras</b>	MSF (Kg/ha)
FCM	16,993A
FECG	9,277A
<b>Graníferas</b>	MSG (Kg/ha)
GAH	52,988A
GVU	31,309A

\* Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna (representam comparação entre um tratamento e outro) diferem estatisticamente a 0,1%. Legenda: GPV: Granífera *Phaseolus vulgaris*, GVU: Granífera *Vigna unguiculata*, GAH: *Arachis hypogea*, FCM: Forrageira *Calopogonium mucunoides*, FECG: Forrageira Estilosantes Campo Grande, AVSA: Adubo verde *Stylobium aterrimum*, AVCS: Adubo verde *Crotalaria juncea*, TC: Tratamento controle, VE: Vegetação espontânea. MSF: massa seca da forragem (kg/ha); MSG: massa seca de grãos (kg/ha).

Além da produção de biomassa, outros aspectos relacionados à produtividade de grãos podem ser favorecidos pelo pré-cultivo com crotalarias, Dos Santo Cordeiro et al. (2019) encontraram maior produtividade de biomassa aérea seca no pré-cultivo com mucuna, com  $8,4\text{Mg/ha}^{-1}$ . Observaram ainda que esta espécie acabou beneficiando a cultura subsequente através do pré-cultivo com a mucuna e pela adubação orgânica de cobertura.

Conforme Tabela 6, nas comparações por grupos, os parâmetros mensurados no milho foram favorecidos pelas leguminosas do grupo adubo verde (GrupoAV). Esse resultado era esperado pois uma vez que este grupo de espécies proporcionou maior biomassa da parte aérea (Tabela 4). Percebe-se comportamento semelhante dos resultados de MS, na massa de grãos de milho (MG), com GrupoAV favorecendo maiores produtividade de grãos de milho quando comparadas aos demais tratamentos. Contudo, apesar da maior produtividade de grãos de milho ainda ter sido favorecida pelas espécies do tipo adubo verde estas acabaram não diferindo estatisticamente do grupo G.

Os resultados acima relatados foram semelhantes a Kandel et al. (2019) que estudaram interações entre manejos e N-fonte com caupi como um adubo verde no rendimento de MS de trigo e concluíram que a quantidade de MS produzido pelo trigo sob o sistema plantio direto foi apenas ligeiramente maior ou similar quando comparado ao sistema sem presença de adubação verde e que o caupi como N-fonte não foi eficiente, o que foi atribuído à falta de sincronização entre o N-fonte advindo da mineralização dos resíduos da biomassa de caupi e demanda do cultivo subsequente.

Outro ponto importante, ainda no período pós-milho, na comparação leguminosas e as parcelas de tratamento controle com e sem vegetação espontânea, é que houve maior acúmulo N-parte aérea milho para os tratamentos que não incluíam leguminosas (VE e TC), com menor conteúdo N-parte aérea proporcionado por VE. Vale mencionar, que a análise botânica com catalogação das plantas que cresceram naturalmente no local (VE) demonstrou maior frequência de gramíneas com representação frequente das espécies: *Digitaria bicornis* (Lam.) Roem. & Schult, *Paspalum urvillei* Steud, *Paspalum maritimum* Trin. e da Família Euphorbiaceae *Astraea lobata* (L.) Klotzsch. e *Euphorbia hyssopifolia* L. (Tabela7).

**Tabela 6.** Médias de altura e quantidade de plantas de milho inoculados com *A. brasilense*, quantidade de espigas, massa seca de grãos (MG), massa seca da parte aérea (MS), clorofila total e acúmulos de N, FDN e FDA pela parte aérea de milho após adubação verde com diferentes espécies de leguminosas em experimento de campo no ano de 2018 com dois controle: com e sem planta

Tratamento	Altura	População	Espiga	MG	MS	Clorofila Total	N-conteúdo	N- Teor	FDN	FDA
	(m)	(unid/ha)	(unid/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(a+b)	(kg/ha)	(%)	(%)	(%)
7leguminosas X2controles	-0,13	-1735,81*	63,08	-240,62	545,14*	-12,54*	5,89	0,09	13,55**	6,50**
7leguminosas XVE	0,22	-801,13*	1656,31	106,87	243,55*	-4,57*		0,06	10,52*	5,05*
7leguminosas X TC	-0,35*	-934,68*	-1593,23	-347,49*	301,58*	-7,97*	2,94	0,03	3,02	1,45
VE X TC	0,57*	133,55	3249,55	454,35*	-58,03	3,40*	0,00	0,04	7,50	3,60
GrupoAV X GrupoF e G	0,95*	2411,81*	14003,62*	567,98*	1695,61*	5,63*	16,46*	0,05	3,28	1,57
GrupoAV X GrupoF	1,24*	5267,90*	18263,13*	732,32*	2025,28*	4,16*	18,38*	-0,07	-4,86	-2,33
GrupoAV X GrupoG	0,75*	507,75*	11163,95*	458,43	1475,83*	6,61*	15,17*	0,12	8,70	4,18
GrupoF X GrupoG	-1,45*	-14280,45*	-21297,55*	-821,69	-1648,37*	7,34*	-9,62	0,57**	40,66**	19,52**

Valores marcados com: \* diferem estatisticamente a 10% de probabilidade; \*\* teste de significância próximo ( $Pr < 0,13$ )

Legenda: GrupoAV: grupo das adubo verde representado por AVCJ e AVSA; GrupoF: grupo das forrageiras representado por FCM e FECG; GrupoG: grupo das graníferas representado por GAH, GPV e GVU. MS: massa seca da parte aérea; MG: massa de grãos: grãos 13% - produtividade de grãos corrigida para 13% de umidade (kg/ha); N%: teor de nitrogênio; FDA: fibra em detergente ácido; FDN: fibra em detergente neutro.

**Tabela 7.** Identificação das espécies naturalmente estabelecidas durante o experimento e mais frequentemente encontradas nas parcelas controle com vegetação espontânea

<b>Nome Popular</b>	<b>Família</b>	<b>Nome Científico</b>
Bredo de Porco	Amaranthaceae	<i>Amaranthus viridis</i> L.
Erva de rola	Euphorbiaceae	<i>Astraea lobata</i> (L.) Klotzsch.
Pega pinto	Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i> L.
Capim carrapicho	Poaceae (Gramineae)	<i>Cenchrus echinatus</i> L.
Capim pé de galinha	Poaceae (Gramineae)	<i>Chloris barbata</i> Sw.
Mussambê	Capparaceae	<i>Cleome aculeata</i> L.
Erva de Santa Luzia ou Trapueraba	Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i> L.
Tiririca	Poaceae (Gramineae)	<i>Cyperus aggregatus</i> (Willd.) Endl.
Tiriricão	Poaceae (Gramineae)	<i>Cyperus distans</i> L.f.
Capim mão de sapo	Poaceae (Gramineae)	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.
Gramma seda	Poaceae (Gramineae)	<i>Digitaria bicornis</i> (Lam.) Roem. & Schult.
Capim de roçado	Poaceae (Gramineae)	<i>Digitaria eriantha</i> Steud.
Mão de sapo	Poaceae (Gramineae)	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.
Capim de flecha	Poaceae (Gramineae)	<i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde
Capim de rolinha	Poaceae (Gramineae)	<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R.Br.
Capim de flecha	Poaceae (Gramineae)	<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R.Br.
Canela de Juriti	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.
Fedegoso	Boraginaceae	<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray.
Jitirana	Convolvulaceae	<i>Ipomoea sericophylla</i> Meissner.
Sempre verde Colonião	Poaceae (Gramineae)	<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs.
Melão	Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i> L.
Capim Gengibre ou Capim-Pernambuco	Poaceae (Gramineae)	<i>Paspalum maritimum</i> Trin.
Capim de roça	Poaceae (Gramineae)	<i>Paspalum urvillei</i> Steud.
Bredo de Porco	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.
Vassourinha doce, Vassoura de botão ou vassourinha	Scrophulariaceae	<i>Scoparia dulcis</i> L.
Guanxuma ou vassoura	Malvaceae	<i>Sida linifolia</i> Cav.
Maria pretinha	Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> L.
Dente de leão	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.
Chanana ou Flor-do-Guarujá	Turneraceae	<i>Turnera subulata</i> L.

#### 4.4 Conclusões

Dentre as adubo verde, a crotalária apresentou maiores valores de massa seca de raízes e parte aérea bem como maiores acúmulos de nitrogênio (N-acumulado e N-Teor), hemicelulose e lignina. Conclui-se, portanto que a crotalária configura a melhor espécie específica de adubo verde encontrada nesta pesquisa para uso exclusivo na adubação verde.

Contudo, dentre as graníferas, o amendoim apresentou maior rendimento de grãos da própria cultura durante o seu cultivo para ser utilizado como adubo verde e apresentou maior massa seca de raízes. Conclui-se, portanto que o amendoim configura a melhor granífera encontrada nesta pesquisa para uso na alimentação devido sua produção de grãos.

Ainda, dentre as forrageiras, o calopogônio apresentou maior produtividade de biomassa da parte aérea para adubação verde com maior N-acumulado e com maior produção de massa seca da parte aérea destinada à forragem. Conclui-se, portanto que o calopogônio configura a melhor forrageira encontrada nesta pesquisa tanto para uso como adubo verde quanto para uso na alimentação animal devido sua produção de forragem.

Para o cultivo subsequente, dentre as leguminosas, as leguminosas tipo granífera proporcionaram maior altura nas plantas de milho e as leguminosas tipo adubo verde proporcionaram maior quantidade de plantas de milho e de espigas, maior produtividade de grãos e biomassa da parte aérea, clorofila total e maiores acúmulos de N, hemicelulose e lignina pela parte aérea do milho.

## Referências

- AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/>>. Acesso em: 26 de maio de 2019.
- BARRETO, W. O.; PAULA, J. L.D.; DUARTE, M. N. Manual de Métodos de Análise de Solos. Brasília, **EMBRAPA**, 1997.
- BENTO, T. S.; CARVALHO, M. A. C.; GERVAZIO, W. Adubação verde e Sistemas de Cultivo na produção orgânica de alface. **Cadernos de Agroecologia**, Recife, v. 9, n. 4, 2015.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. Métodos de análises químicas em plantas. Recife: **UFRPE**, p. 165, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.
- BROWN, L. K.; KAZAS, C.; STOCKAN, J.; HAWES, C.; STUTTER, M.; RYAN, C. M.; SQUIRE, G. R.; GEORGE, T. S. Is green manure from riparian buffer strip species an effective nutrient source for crops? **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 48, n. 2, p. 385-393, 2019.
- CALÇADA, D. B.; REZENDE, S. O.; TEODORO, M. S. Analysis of green manure decomposition parameters in northeast Brazil using association rule networks. **Computers and Electronics in Agriculture**, Oxon, v. 159, n. 1, p. 34-41, 2019.
- COLOMBO, J. N.; VIEIRA, J. C. B.; KRAUSE, M. R.; PUIATTI, M.; HADDADE, I. R. Avaliação do desempenho agrônômico da araruta (*Maranta arundinacea*) ‘Seta’ consorciada com crotalária. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, v. 18, n. 1, p. 65-72, 2019.
- CONTERATO, M. A.; STRATE, M. F. D. Práticas de agro industrialização e arranjos produtivos locais como estratégia de diversificar e fortalecer a agricultura familiar no Rio Grande do Sul. **Redes (Santa Cruz do Sul. Online)**, Santa Cruz do Sul, v. 24, n. 1, p. 227-245, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17058/redes.v24i1.13052>>.
- COSTA, N. L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHAES, J. A.; PEREIRA, R. G. DE A. **Formação e manejo de pastagens de calopogônio em Rondônia**. Rondônia: EMBRAPA: CPAF, 2001. 2 p. (EMBRAPA-CPAF. Documentos, RT/34).
- CUI, X.; ZHANG, Y.; GAO, J.; PENG, F.; GAO, P. Long-term combined application of manure and chemical fertilizer sustained higher nutrient status and rhizospheric bacterial diversity in reddish paddy soil of Central South China. **Scientific reports**, London, v. 8, n. 1, p. 16554, 2018.
- DE LIMA, M. C. D.; GAMA, D. C. O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no brasil: conceitos, desafios e novas perspectivas. **Agroforestalis News**, Sergipe, v. 3, n. 1, p. 31-51.2018.
- DE LIMA, T. H.; SOARES, J. C. W.; KRUM, D. N.; GORSKI, M. R.; COIMBRA, V. S.; DE FREITAS, H. M.; BONOTTO, T. P. Avaliação do crescimento inicial de plantas melhoradoras do solo implantadas num neossolo regolítico reconstruído/Evaluation of initial growth of soil-enhancing plants implanted in a reconstructed neossolo regolítico. **Brazilian Journal of Development**, Brasília, v. 5, n. 3, p. 2173-2180, 2019.

DIACONO, M.; BALDIVIESO-FREITAS, P.; SANS SERRA, F. X. Nitrogen Utilization in a Cereal-Legume Rotation Managed with Sustainable Agricultural Practices. **Agronomy**, Madison, v. 9, n. 3, p. 113, 2019.

DOS SANTO CORDEIRO, A. A.; RODRIGUES, M. B.; JÚNIOR, M. G.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S.; GUERRA, J. G. M. Cultivo do repolho com adubação verde em pré-cultivo e adubação orgânica em cobertura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p.1, 2019.

DUNCAN, A. J.; OBORN, I.; NZIGUHEBA, G.; TEMESGEN, T.; MUONI, T.; OKEYO, I.; SHILULI, M.; BERHANU T.; WALANGULULU, J.; VANLAUWE, B. Supporting smallholder farmers' decisions on legume use in East Africa-The Legume CHOICE approach. Africa, Addis Ababa ,Ethiopia. Disponível em:<<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/100152/farmersdecisions%20.pdf?sequence=1>>. Acesso em 30 abril 2019.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Manual de análises químicas de solos. Brasília, 1999.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 27 p.

HERNÁNDEZ, O. L.; GONZÁLEZ, D. T.; LÓPEZ, J. C. D. Influência de la ganadería en las poblaciones de leguminosas nativas en áreas ganaderas sobre suelos fersialíticos del norte de Camagüey, Cuba. **Revista ECOVIDA**, Pinar del Río, v. 8, n. 2, p. 148-168, 2019.

KANDEL, T. P.; GOWDA, P. H.; NORTHUP, B. K.; ROCATELI, A. C. Impacts of tillage systems, nitrogen fertilizer rates and a legume green manure on light interception and yield of winter wheat. **Cogent Food e Agriculture**, London, v. 5, n. 1, p. 1580176, 2019.

LOPES, O. M. N. **Crotalaria juncea L. e Crotalaria spectabilis Roth: Leguminosas para adubação verde do solo e alimentação animal**. Altamira-PA: EMBRAPA: Amazônia Oriental, 2000. 2 p. (Embrapa-Amazônia Oriental. Documentos, RT/14).

MARTYNIUK, S.; PIKUŁA, D.; KOZIEŁ, M. Soil properties and productivity in two long-term crop rotations differing with respect to organic matter management on an Albic Luvisol. **Scientific reports**, London, v. 9, n. 1, p. 1878, 2019.

NASCIMENTO, A. M. L.; RAMOS, E. M. N. F.; DA SILVA, J. S. B. Conhecimento e uso das plantas da caatinga por agricultores locais moradores de uma comunidade rural do município de Pesqueira estado de Pernambuco. **CIENTEC-Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, Recife, v. 10, n. 1, p.1, 2019.

SIMÕES NETO, D. E.; DE OLIVEIRA, A. C.; DA ROCHA, A. T.; FREIRE, F. J.; DOS SANTOS FREIRE, M. B. G.; DO NASCIMENTO, C. W. A. Níveis críticos de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar em Pernambuco. **Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 802-810, 2011.

PEOPLES, M. B.; HAUGGAARD-NIELSEN, H.; HUGUENIN-ELIE, O.; JENSEN, E. S.; JUSTES, E.; WILLIAMS, M. **Agroecosystem Diversity**. Academic Press, Oxford, 2019, p. 123-143.

PEREIRA, C. S.; NETO, R. D. V.; FIORINI, I. V. A.; DA SILVA, A. A.; TAVANTI, R. R. Doses de nitrogênio e níveis de irrigação em feijão mungo (*Vigna radiata* L.). **Tecno-Lógica**, Rio Grande do Sul, v. 23, n. 1, p. 63-69, 2019.

PERNAMBUCO, C. F. E. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: segunda aproximação**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, 2008. 212 p.

PORTILLA-PINZÓN, D.; BARRAGÁN-HERNÁNDEZ, W.; CARVAJAL-BAZURTO, C.; CAJAS-GIRÓN, Y. Estimación de la calidad de la dieta en sistemas silvopastoriles mediante la cuantificación del nitrógeno fecal. **Revista Colombiana de Ciência Animal-RECI**, Sucre, v. 11, n. 1, p.1, 2019.

QUAN, Z.; HUANG, B.; LU, C.; SHI, Y.; CHEN, X.; ZHANG, H.; FANG, Y. The fate of fertilizer nitrogen in a high nitrate accumulated agricultural soil. **Scientific reports**, London, v. 6, n. 1, p. 21539, 2016.

RASOOL, R.; KUKAL, S. S.; HIRA, G. S. Soil organic carbon and physical properties as affected by long-term application of FYM and inorganic fertilizers in maize–wheat system. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 101, n. 1-2, p. 31-36, 2008.

RIBEIRO F. E.; PELOSO, M. J.; BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O.; OLIVEIRA, L. F. C. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) nas regiões Norte e Nordeste do Brasil**. Santo Antônio de Goiás-GO: EMBRAPA: Arroz e Feijão, 2011. 64 p. (EMBRAPA-Arroz e Feijão. Documentos, Circular técnica/89).

RIBEIRO, V. Q. **Cultivo do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina, PI: EMBRAPA Meio-Norte, 2002. 108 p.

SARMENTO, J. J.; DOS SANTOS, J. J.; COSTA, C. C.; BOMFIM, M. P. Agronomic performance of lettuce subjected to green manure with different leguminous species. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 2, p. 114-118, 2019.

SAS. Institute. SAS Technical Report. SAS/STAT software: Changes and Enhancement, Release 9.1. 3, Cary NC: **SAS Institute**. 2011.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3. ed. **Impressão Universitária**. Viçosa-MG, 235p. 2002.

STECICA, J. D. L.; MARTIN, T. N.; LÚCIO, A. D. C.; DEAK, E. A.; FIPKE, G. M.; BRUNING, L. A. Inoculation of soybean seeds coated with osmoprotector in diferents soil pH's. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v. 41, n. 1, p.1, 2019.

STEINER, F.; ZUFFO, A. M.; DA SILVA SANTOS, D. M.; BUSH, A. Molibdênio e coinoculação das sementes de amendoim com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* em solo do Cerrado. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 7, n. 4, p. 128-137, 2018.

WENDLING, A. V.; MACHADO FILHO, L. C. P.; DEL POZO, P. P. Produção e qualidade de fitomassa de Canavália e Crotalária semeadas para adubação verde em pastagem tropical perene de gramíneas. **Cadernos de Agroecologia**, Recife, v. 14, n. 2, p.1, 2019.

ZHANG, D.; YAO, P.; ZHAO, N.; CAO, W.; ZHANG, S.; LI, Y.; HUANG, D.; ZHAI, B.; ZHAOHUI, W.; GAO, Y. Building up the soil carbon pool via the cultivation of green manure crops in the Loess Plateau of China. **Geoderma**, Amsterdam, v. 337, n. 1, p. 425-433, 2019.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nesta pesquisa talvez o curto intervalo de tempo entre a retirada das leguminosas (pouco mais de um mês) e o plantio do milho pode ter ocasionado alguma perda de N-solo isto justificaria a baixa influência do cultivo das leguminosas antecessoras no aporte de N para o cultivo subsequente do milho.