

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO AGRONOMIA

Allan Piovesam

**Consórcio e espaçamentos no cultivo de milho-pipoca (*Zea mays* L.) e feijoeiro
(*Phaseolus vulgaris* L.)**

Curitibanos

2021

Allan Piovesam

**Consórcio e espaçamentos no cultivo de milho–pipoca (*Zea mays* L.) e feijoeiro
(*Phaseolus vulgaris* L.)**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Lunardi Neto.

Curitibanos

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Piovesam, Allan
Consórcio e espaçamentos no cultivo de milho-pipoca (*Zea mays* L.) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) / Allan Piovesam ; orientador, Antônio Lunardi Neto , 2021.
31 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2021.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Milho-pipoca e Feijoeiro. 3. Espaçamentos e Produtividade. I. , Antônio Lunardi Neto . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.

Allan Piovesam

Consórcio e espaçamentos no cultivo de milho–pipoca (*Zea mays* L.) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro Agrônomo” e aprovado em sua forma final pelo Curso Agronomia

Curitibanos - SC, 07 de Maio de 2021



Documento assinado digitalmente
Samuel Luiz Fioreze
Data: 17/05/2021 15:37:31-0300
CPF: 052.258.059-90
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Antonio Lunardi Neto
Data: 17/05/2021 15:31:58-0300
CPF: 625.479.259-15
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Antônio Lunardi Neto
Orientador

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Djalma Eugenio Schmitt
Data: 17/05/2021 15:36:59-0300
CPF: 050.180.539-76
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Djalma Eugenio Schmitt
Avaliador

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Gustavo Rufatto Comin
Data: 17/05/2021 16:17:39-0300
CPF: 050.285.559-23
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Eng. Agrônomo. Gustavo Rufatto Comin
Divisão de Atividades Agropecuárias (DAA)
Avaliador

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico esse trabalho a todos aqueles que, com paciência, amizade e compreensão, contribuíram para sua conclusão. Aos meus amigos, ao meu orientador e minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder sabedoria e perseverança para a elaboração deste trabalho.

Em especial, agradeço minha família, pelo incentivo em todos os momentos, com ensinamentos éticos e valorosos que contribuíram para a minha caminhada até aqui e seguirão comigo por todos os dias da minha vida.

Aos meus amigos que contribuíram de alguma forma na realização desse trabalho e sempre estiveram ao meu lado nos momentos que mais precisei, agradeço imensamente pela amizade de vocês.

Ao professor orientador e meu amigo Antônio Lunardi Neto, agradeço pela sua assistência e envolvimento dedicado em todas as etapas desse trabalho.

Enfim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, me ajudaram durante todo esse período de tempo. A vocês meu muito obrigado e desejo todo sucesso do mundo.

RESUMO

A consorciação de plantas é uma estratégia viável e acessível, estabelecendo-se um sistema alternativo de cultivo, possibilitando maior renda aos produtores e menor impacto ambiental, em relação à monocultura. O cultivo de milho-pipoca em consórcio com feijoeiro é uma alternativa com potencial de retorno econômico e aproveitamento da área de cultivo, além de diminuir riscos. Este trabalho teve por objetivo avaliar as produtividades das culturas do milho-pipoca (*Zea mays* L.) e do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes espaçamentos de semeadura, cultivados em consórcio no sistema de plantio direto. Para tanto, implantou-se experimento a campo, na fazenda experimental da Universidade Federal de Santa Catarina, em Curitibanos. Utilizaram-se os tratamentos: T1: milho-pipoca no espaçamento de 0,90 m entrelinhas, com semeadura de uma linha de feijão na entrelinhas; T2: milho-pipoca no espaçamento de 1,35 m entrelinhas, com semeadura de duas linhas de feijão nas entrelinhas; T3: milho-pipoca no espaçamento de 1,80 m entrelinhas, com semeadura de três linhas de feijão nas entrelinhas; no feijoeiro o espaçamento utilizado foi 0,45 m; No estágio de maturação dos grãos das culturas, fez-se a colheita de forma manual, seguida da debulha mecanizada. Com os dados dos pesos dos grãos, efetuou-se análise de variância e teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade com o *software* R. Para o milho-pipoca, não houve diferença significativa na produtividade nos diferentes tratamentos. Para o feijoeiro o tratamento dois diferiu do tratamento um, apresentando maior produtividade, sendo que o tratamento três não apresentou diferença entre os demais. Além disso, verificou-se não haver interação entre as culturas; a produção seguiu os padrões de produtividade individual de cada cultura.

Palavras-chave: Produtividade. Sistemas de cultivo. Consorciação de plantas.

ABSTRACT

The intercropping of plants is a viable and accessible strategy, establishing an alternative cultivation system, allowing greater income for producers and less environmental impact, in relation to monoculture. The cultivation of popcorn in consortium with beans is an alternative with potential for economic return and use of the cultivation area, in addition to reducing risks. This work aimed to evaluate the productivity of popcorn (*Zea mays* L.) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crops in different sowing spacing, cultivated in intercropping in the no-tillage system. To this end, a field experiment was implemented at the experimental farm at the Federal University of Santa Catarina, in Curitiba. The following treatments were used: T1: popcorn in the spacing of 0.90 m between the lines, with the sowing of a bean line between the lines; T2: popcorn in the spacing of 1.35 m between the lines, with the sowing of two lines of beans between the lines; T3: popcorn in the spacing of 1.80 m between the lines, with the sowing of three lines of beans between the lines; for beans, the spacing used was 0.45 m; At the stage of grain ripening of the crops, harvesting was done manually, followed by mechanized threshing. With the data of the weights of the grains, analysis of variance and comparison test of Tukey's averages were carried out at the level of 5% probability with the software R. For popcorn, there was no significant difference in productivity in the different agreements. For bean plants, treatment two differed from treatment one, with higher productivity, and treatment three showed no difference between the others. In addition, it was found that there is no interaction between cultures; production followed the individual productivity standards for each crop.

Keywords: Productivity. Cultivation systems. Plant consortium

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui das parcelas experimentais com diferentes tamanhos localizada na área experimental agrícola	22
Figura 2- Adubação de base realizada com auxílio da semeadora (à esquerda) e semeadura (manual) das culturas de milho-pipoca e feijão consorciados.....	23
Figura 3 - Aplicação manual da adubação nitrogenada.....	23
Figura 4 - Debulha das culturas de milho-pipoca e feijão de forma mecanizada.....	24
Figura 5 - Estádio de maturação do milho-pipoca.....	25
Figura 6 - Gráfico da interação da produtividade nos diferentes tratamentos compostos pelos espaçamentos no consórcio da cultura do milho-pipoca e feijoeiro.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de variância ANOVA para a produtividade do milho-pipoca.....	25
Tabela 2 - Produtividade média de milho-pipoca nos diferentes tratamentos T1: milho-pipoca espaçados 0,90 m entrelinhas; T2: milho-pipoca espaçados de 1,35 m entrelinhas e T3: milho-pipoca espaçados de 1,80 m entrelinhas, todos os tratamentos com semeadura de feijão nas entrelinhas.....	26
Tabela 3 - Análise de variância ANOVA para a produtividade do feijoeiro.	26
Tabela 4 - Produtividade média de feijão nos diferentes tratamentos T1: com semeadura de uma linha de feijão na entrelinha; T2: com semeadura de duas linhas de feijão na entrelinha e T3 com semeadura de três linhas de feijão na entrelinha, todos os tratamentos com milho pipoca em 0,90 m, 1,32 m e 1,80 m, respectivamente	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	CONSORCIAÇÃO DE ESPÉCIES AGRÍCOLAS	17
2.2	PLANTIO DIRETO	18
2.3	MILHO-PIPOCA.....	19
2.4	FEIJOEIRO	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5	CONCLUSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS	30
	ANEXO.....	33

1 INTRODUÇÃO

No cultivo consorciado duas ou mais espécies de plantas são cultivadas conjuntamente. Está é uma técnica antiga e muito utilizada na agricultura, especialmente por produtores da agricultura familiar. Este sistema pode proporcionar a otimização do espaço e melhor aproveitamento dos nutrientes. As espécies de interesse podem ser semeadas simultaneamente ou serem implantadas em períodos diferentes, de qualquer forma, repartirão os mesmos recursos disponíveis no ambiente no decorrer de seus ciclos de vida (HERNANI *et al.*, s.d.). Devido às diferenças nos sistemas radiculares das espécies consorciadas, a competitividade por água e nutrientes pode ser reduzida, já que possibilita a exploração em diferentes profundidades no perfil do solo (SÁ *et al.*, 2010).

Há diversas plantas que podem ser cultivadas em consórcio, em que o milho-pipoca e feijoeiro, muito utilizadas pela agricultura familiar, são uma boa opção de cultivo, por serem gramínea (milho-pipoca) e leguminosa (feijoeiro) (HERNANI *et al.*, s.d.). O sistema de plantio direto acrescenta vários benefícios para as plantas consorciadas, como a manutenção da matéria orgânica e da cobertura do solo, reduzindo os processos erosivos e proporcionando melhorias nas características físicas do solo, além de favorecer o controle de plantas espontâneas, durante um período de tempo maior.

No consórcio, o feijoeiro pode fornecer nitrogênio para a cultura subsequente, através da fixação biológica e posterior liberação deste nutriente durante o processo de decomposição. (OLIVEIRA, 2016). Entretanto, Oliveira *et al.* (2003) ressaltam que melhores ganhos em rendimento econômico, usualmente, são atingidos quando realizada suplementação nitrogenada, de preferência, até que ocorra o estabelecimento da nodulação.

Além disso, outro fator importante a ser observado na consorciação é a densidade de semeadura. A densidade, ou *stand*, é de grande importância, pois é onde encontram-se importantes problemas da consorciação, relativos à semeadura e à colheita (GAMA *et al.*, 1990). O espaçamento adequado no consórcio do feijoeiro com o milho, deve levar em consideração a facilidade nas operações mecanizadas, além de proporcionar menor competição entre as espécies pelos recursos do ambiente como luminosidade, água e nutrientes no decorrer do ciclo de vida das plantas de interesse (RAMALHO, s.d.; VIEGAS NETO *et al.*, 2012).

O cultivo consorciado de plantas possui um grande potencial de ganho econômico e ambiental, porém é uma área de estudo que necessita de mais informações. A partir disto, este trabalho busca contribuir com o conhecimento geral sobre o consórcio de plantas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar as produtividades do milho-pipoca (*Zea mays* L.) e do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes espaçamentos de semeadura cultivados em consórcio no sistema de plantio direto.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito do espaçamento na produção das espécies consorciadas;
- Estimar a produtividade média das culturas;
- Observar se há interação entre as espécies consorciadas;
- Determinar o espaçamento ideal para o consórcio das duas espécies;
- Contribuir com o conhecimento sobre consorciação de espécies.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSORCIAÇÃO DE ESPÉCIES AGRÍCOLAS

O consórcio de plantas caracteriza-se pela prática de cultivarem-se duas ou mais espécies na mesma área, simultaneamente. Essa prática possui várias vantagens ambientais e econômicas para a produção de grãos, hortaliças, frutas, entre outras (HERNANI *et al.*, s.d.; MAPA, 2016). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2016) recomenda que as espécies possuam características como, arquitetura de planta, hábito de crescimento, sistema radicular, diferentes; por exemplo, plantas forrageiras como o amendoim, as eretas como o arroz e o milho e também as trepadeiras como o feijoeiro.

A consorciação de culturas é adotada pela agricultura familiar, onde se busca um maior retorno econômico, através de um sistema que proporcione um uso mais eficiente da propriedade; e também a redução dos riscos encontrados na monocultura, (VIEGAS NETO *et al.*, 2012; MAPA, 2016). O sistema consorciado pode constituir-se em estratégia viável e acessível, com o estabelecimento de sistema alternativo de cultivo, possibilitando maior renda aos produtores, e menor impacto ambiental, em relação à monocultura (REZENDE *et al.*, 2002).

O sistema de cultivo consorciado tem sido apontado como prática ou atividade ou técnica fundamental na manutenção de pequenas propriedades agrícolas, sendo considerado componente principal em um sistema agrícola sustentável, uma vez que o objetivo tem sido maximizar a utilização e manutenção dos recursos ambientais. (BALASUBRAMANIAN; SEKAYANGE, 1990).

O sistemas de consórcio são práticas adequadas para os sistemas agroecológicos, os quais proporcionam maior diversidade de espécies, melhoram a ciclagem de nutrientes e estimulam os processos naturais de controle de pragas e doenças, pois a maior diversidade favorece o equilíbrio entre as espécies, como a maior presença de inimigos naturais. Acredita-se que, ao cultivarem-se espécies com diferenças quanto ao ciclo, porte, sistemas radiculares e com necessidades nutricionais específicas, é possível alcançar maior estabilidade na produção e melhor eficiência no uso do solo (ALTIERI; LIEBMAN, 1986).

A produtividade varia de acordo com o ano agrícola, mas de modo geral o milho em consórcio apresenta redução na produtividade de aproximadamente 10%. Já na cultura do feijoeiro essa diferença é mais significativa, podendo passar de 50%. Maciel *et al.* (2004)

ressaltaram que em sistema de plantio direto no consórcio milho-feijoeiro, a concorrência entre as culturas aumenta quando é aumentada a densidade de plantas do milho; dessa forma recomendam não ultrapassar 40.000 plantas ha⁻¹ podendo ser reduzido para até 30.000 plantas ha⁻¹, caso o produtor deseje maiores rendimentos do feijão.

No monocultivo, o feijoeiro apresenta produtividade maior quando comparado com sistema de consórcio. O milho consorciado com feijão apresenta maior rendimento de grão e massa de espiga, massa de sabugo e massa de 100 grãos, quando comparado com o monocultivo (MACIEL *et al.*, 2004).

O cultivo com milho-pipoca e feijoeiro em diferentes espaçamentos reduz a produtividade do feijão; observou-se redução de 70% e 50%, nos respectivos espaçamentos do milho-pipoca de 0,8m e 1,0m (VIEGAS NETO *et al.*, 2012).

2.2 PLANTIO DIRETO

Solos que são cultivados por muitos anos, podem sofrer com processos de erosão, principalmente em regiões com alta precipitação pluviométrica. A erosão provoca a desestruturação do solo e a perda dos nutrientes e da matéria orgânica. Outro problema nas lavouras é o tráfego intenso de maquinários e implementos agrícolas decorrentes do manejo do solo pelo sistema de cultivo convencional que gera em longo prazo a compactação do solo, dificultando a expansão do sistema radicular das plantas, além de diminuir a infiltração da água, assim prejudicando a capacidade de retenção de água no solo, facilitando o escoamento superficial (SALOMÃO *et al.*, 2020).

O sistema de plantio direto possui vantagens na produção de grãos, devido à melhoria na qualidade do solo associada à ciclagem de nutrientes, sendo uma alternativa importante na adição de resíduos no solo, diminuindo os impactos ambientais provocados pelo uso intensivo. Além disso, o acúmulo de palhada sobre a superfície, sem revolvimento, resulta em acúmulo de matéria orgânica no perfil (COLLIER *et al.*, 2011).

Nesse contexto, a matéria orgânica é considerada um dos principais atributos resultantes da conservação e melhoramento do solo, influenciando diretamente na produção agrícola e na qualidade do ambiente das regiões tropicais e subtropicais (MUZILLI, 2002). O sistema de plantio direto promove a alteração ecológica e autossustentável por proporcionar a

reciclagem dos compostos orgânicos, comparando-se à ação da serrapilheira nas matas (CARDOSO,2000).

Para se obter os melhores resultados no sistema plantio direto é indispensável o mínimo revolvimento do solo, e a rotação das plantas de cobertura. A sustentação e o equilíbrio do sistema de plantio direto dependem primordialmente da cultura a ser implantada na área (MUZILLI, 2002). É necessário que a cultura apresente altos teores de produção de matéria seca, garantindo homogeneidade eficiente na cobertura do solo com a palhada, favorecendo maior longevidade do sistema e maior tempo de cobertura (CRUZ *et al.*, 2003).

O consórcio entre gramíneas e leguminosas apresenta inúmeras vantagens no sistema de plantio direto, pois apresenta maiores rendimentos de matéria seca em relação ao cultivo isolado de cada espécie; além disso, apresentam sistemas radiculares distintos, possibilitando a exploração das raízes em diferentes profundidades no perfil do solo (SÁ *et al.*, 2010).

2.3 MILHO-PIPOCA

O milho-pipoca (*Zea mays* L.) pertence à família das Gramíneas, é espécie anual, classificada dentro do grupo das plantas C4, com extensa adaptação a diversas condições climáticas (MAGALHÃES *et al.*, 2002). Apresenta características que o diferenciam do milho comum, como o menor tamanho dos grãos e a capacidade de expansão quando submetido à temperatura equivalente a 180°C (KIST *et al.*, 2019).

Essa cultura é amplamente encontrada no Brasil, em razão da multiplicidade de usos pelos produtores rurais, por não necessitar de muito capital para custeio e investimento. O plantio do milho-pipoca deve ser feito em período chuvoso, o que facilita o estabelecimento da cultura no momento da semeadura (PEREIRA FILHO *et al.*, s.d.).

Todos os indivíduos do milho possuem padrão de desenvolvimento semelhante, mas diferem no intervalo entre os estádios e número de folhas; isso pode variar com o ano agrícola, cultivares, época e local de plantio (MAGALHÃES *et al.*, 2002).

O rendimento dos grãos de milho varia de acordo com a disponibilidade de água e nutrientes (DE MELO *et al.*, 2018), além de outros fatores; a qualidade e o rendimento do milho estão associados diretamente ao espaçamento definido. De acordo com Pereira *et al.* (2020) o espaçamento geralmente usado nas entrelinhas é de 0,70 a 0,80 m. Encontra-se predisposição na diminuição do espaçamento entrelinhas em até 0,50 m, onde possivelmente se tem melhor distribuição de plantas na área, com favorecimento do aumento da

produtividade. No Brasil, a maior produção e área cultivada está no Estado do Mato Grosso, com 66.986 ha e produtividade média de 4200 kg ha⁻¹ na safra 2018/2019 (KIST *et al.*, 2019).

2.4 FEIJOEIRO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa do tipo herbácea, com sementes de diversas cores e tamanhos com peso médio de mil sementes variando muito conforme a variedade, ficando em aproximadamente 240 g. Apresenta ciclo de aproximadamente 88 dias, com capacidade de rendimento médio de 3.500 kg ha⁻¹ (IAPAR, 2020).

O feijão compõe a alimentação básica de muitos países (YANG *et al.*, 2011) sendo de grande importância econômica. No Brasil 23,4% de toda produção de feijão é cultivada no Estado do Paraná, seguido dos Estados de Minas Gerais com 20,7% e Goiás com 11,3%; Santa Catarina aparece na oitava colocação, com 4,7% (CONAB, 2017).

A produção está diretamente ligada com a fertilidade dos solos; quando há baixa produção de feijão no país, a causa é ligada, entre outros fatores, com a baixa disponibilização de nutrientes. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é de ampla importância, de vez que *Phaseolus.vulgaris* exige altas quantidades de N; na cultura do feijoeiro há necessidade de fertilização nitrogenada, pois o N é componente das moléculas de aminoácidos essenciais formadores de proteínas; o nitrogênio é diretamente responsável pelo aumento do teor de proteínas nos grãos, e em caso específico do feijoeiro os efeitos mais importantes da adubação nitrogenada que se observam são, em geral, aumento no número de vagens/planta e peso de grãos (RUFINI *et al.*, 2011).

Em trabalho conduzido por Shimada *et al.* (2000), os autores notaram que o aumento da densidade na semeadura ou diminuição do espaçamento nas entrelinhas do feijoeiro, ocasiona redução na quantidade de vagens e grãos por planta. Os autores analisaram que ao utilizar-se espaçamento de 0,30 m nas entrelinhas e com oito plantas por metro linear, com densidade populacional de 266,7 mil plantas ha⁻¹, houve maior produtividade do feijoeiro.

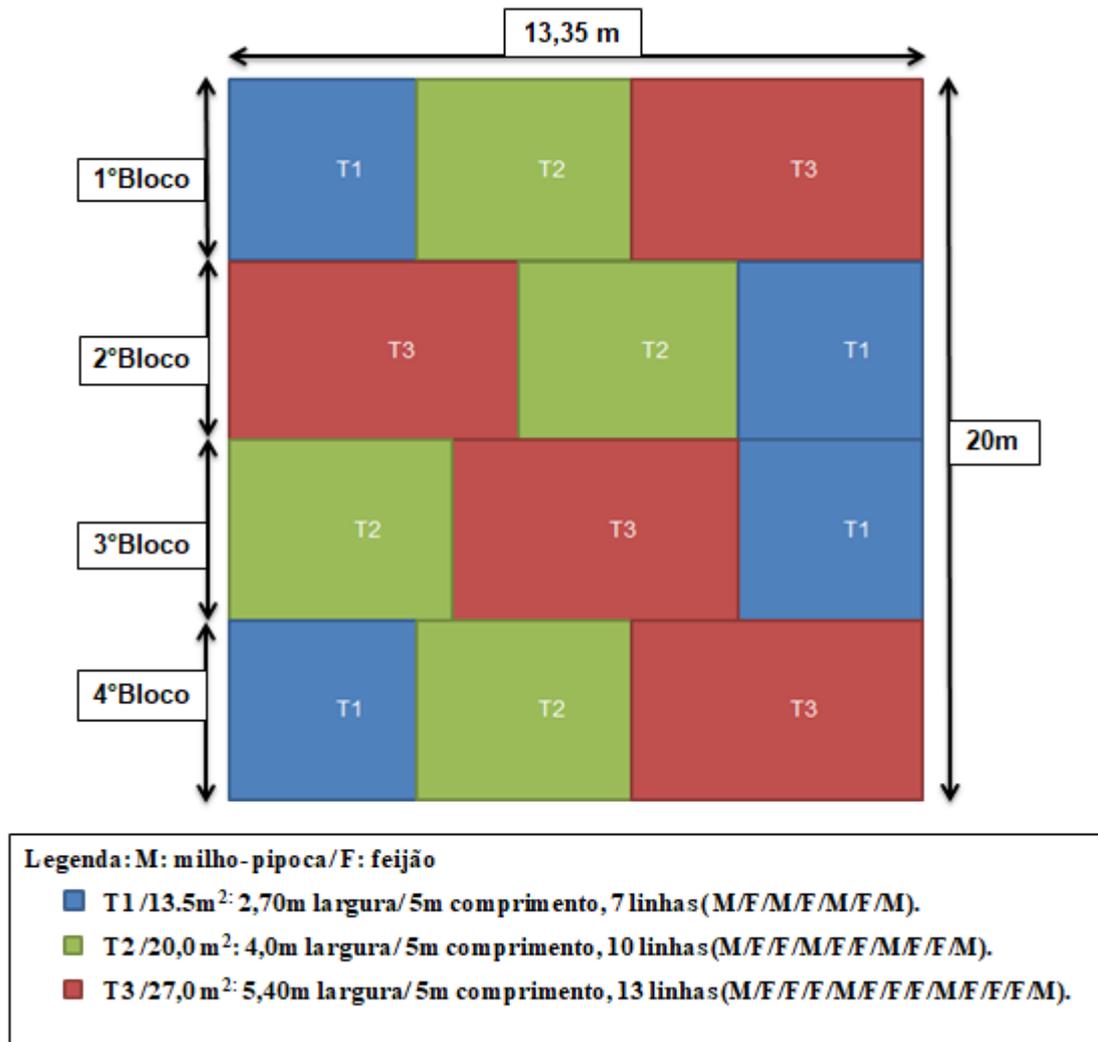
3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em outubro de 2019, na Fazenda Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Campus de Curitibanos (27°19'22.85''S; 50°30'11.69''O e 991m de altitude). O solo predominante no local do experimento é Cambissolo Háplico; nesta área o cultivo é geralmente em sistema de plantio direto na palha com plantas de cobertura e rotação de culturas desde 2010, sendo que na safra anterior foi cultivado milho em monocultivo e aveia como cultura de inverno.

Para a semeadura utilizaram-se sementes de milho-pipoca crioula da região de Curitibanos, SC, e para o feijoeiro utilizou-se a cultivar carioca EBS Estilo, adquiridas de produtores de Curitibanos, SC, sendo semeadas as duas culturas em 26/10/2019.

O delineamento experimental foi montado em uma área de 310 m², conduzido em Delineamento com Blocos Casualizados (DBC), contendo três tratamentos com quatro repetições. Em todos os tratamentos semearam-se quatro linhas de milho-pipoca, com variação no espaçamento das entrelinhas; já no feijoeiro utilizou-se o espaçamento entrelinhas m fixo de 0,45 m deixando um espaçamento de 0,45 m entre os tratamentos. Os tratamentos (T) (Figura 1) foram compostos da seguinte forma: **T1**: milho-pipoca no espaçamento de 0,90 m entrelinhas, com semeadura de uma linha de feijão nas entrelinhas do milho-pipoca; **T2**: milho-pipoca no espaçamento de 1,35 m entrelinhas, com semeadura de duas linhas de feijão nas entrelinhas do milho-pipoca; **T3**: milho-pipoca no espaçamento de 1,80 m entrelinhas, com semeadura de três linhas de feijão nas entrelinhas do milho-pipoca.

Figura 1 - Croqui das parcelas experimentais com diferentes tamanhos localizada na área experimental agrícola



Fonte: Autor, 2021.

Por serem culturas diferentes, cultivadas em consórcio, buscou-se menor *stand* de plantas por unidade de área, de ambas culturas, em relação ao monocultivo. Na semeadura realizou-se a adubação de base com fertilizantes minerais à base de nitrogênio (ureia), fósforo (superfosfato triplo) e potássio (cloreto de potássio) com semeadora-adubadora; a semeadura das culturas fez-se manualmente, onde trabalhou-se com 12 sementes de feijão por metro linear e 6 sementes de milho-pipoca por metro linear, a fim de garantir-se o *stand* de plantas.

Figura 2- Adubação de base realizada com auxílio da semeadora (à esquerda) e semeadura (manual) das culturas de milho-pipoca e feijão consorciados.



Fonte: Autor, 2021.

Realizou-se a análise de solo, para elevarem-se os níveis de nutrientes através da adubação, seguindo-se as recomendações do Manual de Calagem e Adubação para os solos dos Estados de SC e RS (CQFS, 2016).

Fez-se dessecação da aveia com herbicida sistêmico 30 dias antes da semeadura. Com relação aos tratos culturais, de 20 a 30 dias após a emergência, fez-se o controle das plantas daninhas com *bentazona*. A adubação nitrogenada de cobertura foi dividida em duas aplicações, sendo a primeira 20 a 25 dias após a emergência, e a segunda no intervalo de 15 a 30 dias após a primeira (Figura 3). Aplicou-se na cultura do feijoeiro o inseticida *triflumurom* e *tiametoxam* para o controle da lagarta, e duas aplicações de fungicidas à base de *trifloxistrobina* e *Protioconazol* para as doenças da mancha angular e antracnose do feijoeiro.

Figura 3 - Aplicação manual da adubação nitrogenada.



Fonte: Autor, 2020.

Efetuuou-se a colheita de forma manual, devido ao espaçamento entre as linhas do milho-pipoca, que não permitiu a colheita mecanizada. Como o feijoeiro apresenta ciclo mais curto que o milho-pipoca, a colheita foi realizada em duas operações: primeiramente a retirada do feijão e, posteriormente, do milho-pipoca.

Após a colheita das culturas, fez-se a debulha e secagem dos grãos, ao ar livre. Na etapa seguinte, pesaram-se em balança analítica os grãos, para obtenção dos dados de produtividade em seus respectivos tratamentos (Figura 4).

Figura 4 - Debulha das culturas de milho-pipoca e feijão de forma mecanizada.



Fonte: Autor, 2021.

Com os dados do peso dos grãos, efetuou-se a análise de variância e o teste de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade com o *software* R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizou-se a colheita do milho-pipoca no dia 22/04/2020, no estágio de maturação da cultura, quando as palhas já apresentavam-se secas e os grãos visualmente com baixa umidade (Figura 5).

Figura 5 - Estádio de maturação do milho-pipoca.



Fonte: Autor,2020.

Conforme mostrado na Tabela 1, não houve significância para a análise de variância em relação à produtividade do milho pipoca, pois o p-valor ficou em 0,4945, não sendo significativo ao nível de 5% de erro. Assim não há forte evidência de que os tratamentos ~~estão~~ influenciaram na produtividade da cultura

Tabela 1 - Análise de variância ANOVA para a produtividade do milho-pipoca

FV	SQ	QM	F	p-valor
Milho-pipoca	575979	287990	0,7936	0,4945

As médias de produtividade (kg ha^{-1}) de milho-pipoca constam na Tabela 2. No tratamento dois (T2) a média chegou a 2400 kg ha^{-1} , valor satisfatório para a cultura. Em nenhum dos tratamentos observou-se diferença estatística.

Tabela 2 - Produtividade média de milho-pipoca nos diferentes tratamentos T1: milho-pipoca espaçados 0,90 m entrelinhas; T2: milho-pipoca espaçados de 1,35 m entrelinhas e T3: milho-pipoca espaçados de 1,80 m entrelinhas, todos os tratamentos com semeadura de feijão nas entrelinhas.

Tratamento	Estatística produtividade		
	kg ha ⁻¹	Desvio padrão	sc ha ⁻¹
T1	2124 a	8,38	35,4
T2	2400 a	8,38	40,0
T3	1863 a	8,38	31,1
*CV%	28,0		

*CV: coeficiente de variação

Sc ha⁻¹: sacas de 60 kg por hectare.

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2021.

Viegas Neto *et al.* (2012), corroboram com este estudo, obtendo produtividades variando de 1031 a 1289 kg ha⁻¹ de milho-pipoca, menores que a deste trabalho, sendo que não houve diferença estatística entre os tratamentos, quando cultivados em diferentes arranjos de plantas consorciadas com feijoeiro.

Outros autores, como De Carvalho *et al.* (2019) discutiram a relação de diferentes genótipos de milho consorciados com feijoeiro, e observaram que não houve interação significativa nas características da cultura do milho; contudo a consorciação entre as espécies favoreceu a produtividade dos quatro genótipos de milho testados; assim, a produtividade ultrapassou os índices quando comparado à média da monocultura.

Efetou-se a colheita do feijão no dia 03/02/2020, no estágio de maturação dos grãos. Na Tabela3, estão apresentados os valores em relação à análise de variância para a produtividade da cultura do feijoeiro, a qual mostrou-se significativa, com seu p-valor de 0,03972, estando abaixo do nível de significância de 5%. Portanto, há fortes evidências de que os tratamentos influenciaram na produtividade da cultura.

Na Tabela 4, observa-se a produtividade média do feijoeiro nos diferentes tratamentos; o T2 apresentou maior produtividade em relação ao T1. O T3 não diferiu dos demais.

Tabela 3 - Análise de variância ANOVA para a produtividade do feijoeiro.

FV	SQ	QM	F	p-valor
----	----	----	---	---------

Feijão	400501	200251	5.7923	0.03972*
--------	--------	--------	--------	----------

Tabela 4 - Produtividade média de feijão nos diferentes tratamentos T1: com semeadura de uma linha de feijão nas entrelinhas do milho-pipoca; T2: com semeadura de duas linhas de feijão nas entrelinhas do milho-pipoca e T3 com semeadura de três linhas de feijão nas entrelinhas do milho-pipoca, todos os tratamentos com milho pipoca em 0,90 m, 1,32 m e 1,80 m, respectivamente.

Tratamento	Estatística produtividade		
	kg ha ⁻¹	Desvio padrão	sc ha ⁻¹
T1	906 a	8,24	15,1
T2	1336 b	8.24	22,3
T3	1227 ab	8.24	20,5
*CV%	28.29		

*CV: coeficiente de variação

Sc/ha: sacas de 60 kg por hectare.

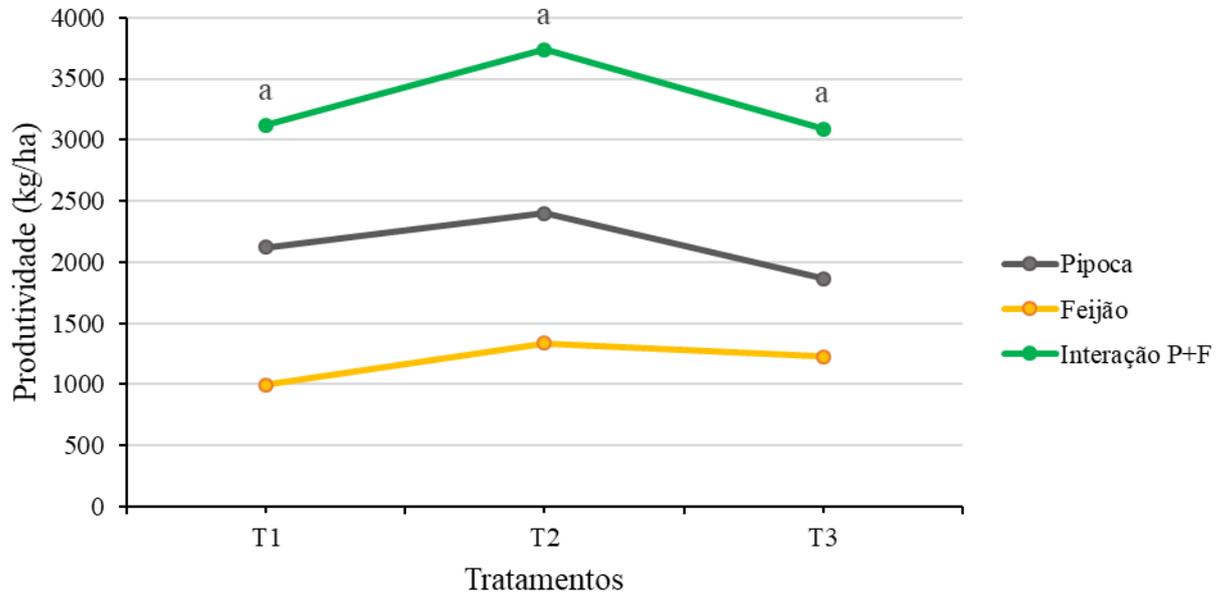
Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2021.

O peso dos grãos chegou a 1336 kg ha⁻¹ no T2, considerado satisfatório para a cultura. Trabalhos como de Viegas Neto *et al.* (2012), que pesquisaram consorciamento de milho-pipoca com feijoeiro, obtiveram a máxima produtividade de 761 kg ha⁻¹, sendo considerada relativamente baixa comparada aos resultados encontrados neste estudo; os autores optaram por espaçamento menor, obtendo menor produtividade do feijoeiro.

Na Figura 6 observa-se que não houve interação dos tratamentos e das culturas com relação à produtividade; é possível observar-se que o T3, composto pela semeadura do milho-pipoca no espaçamento de 1,80 m entrelinhas, com semeadura de três linhas de feijão nas entrelinhas, foi o menos produtivo com relação aos demais; isso pode ser explicado pela competição por água, nutrientes, luz; ainda que composto por leguminosa e gramínea, a competição é fator importante e pode ter influenciado na produtividade de ambas culturas. A maior quantidade de grãos somada, de milho-pipoca mais feijão, foi no T2, onde a produção total foi de 3736 kg ha⁻¹.

Figura 6 - Gráfico da interação da produtividade nos diferentes tratamentos compostos pelos espaçamentos no consórcio da cultura do milho-pipoca e feijoeiro.



Fonte: Autor, 2021.

De acordo com Kerbauy (2004) a competição é o fator responsável pela queda de produtividade, como observado na Figura 6. Isso pode ser justificado por o milho ser uma espécie C_4 , apresentando maior competição por água do que o feijoeiro, que é espécie C_3 , sem perdas significativas, quando submetido ao consórcio com o feijoeiro, contrariamente ao que ocorre com o feijoeiro. As plantas C_4 são adaptadas às condições ambientais onde a irradiância e a temperatura são elevadas, sendo ainda mais tolerantes ao estresse hídrico, o que explica a diferença estatística encontrada neste estudo, quando analisadas as produtividades do milho-pipoca e feijoeiro, onde o milho-pipoca não apresentou diferença estatística na produtividade, diferente do feijoeiro onde o T1 foi estatisticamente inferior ao T2.

Em outros trabalhos com milho, como os de Amaral Filho *et al.* (2005) e de Demétrio *et al.* (2008), houve redução do número de grãos por espiga conforme incrementou-se o número de plantas na área. Altas densidades populacionais podem diminuir a atividade fotossintética das plantas e a conversão de fotoassimilados em produção de grãos, resultando em estímulo da dominância apical e aumento da esterilidade feminina, consequentemente reduzindo o número de grãos por espiga e a produtividade.

5 CONCLUSÃO

Os diferentes espaçamentos utilizados na consorciação entre milho-pipoca e feijoeiro influenciaram na produtividade do feijoeiro. Contudo no milho-pipoca não apresentou diferenças significativas na produtividade.

A menor produtividade do feijoeiro deu-se no tratamento com semeadura de uma linha do feijoeiro entre as linhas do milho-pipoca, esse espaçado de 0,90 m entrelinhas.

A maior produtividade foi obtida no tratamento dois, com milho-pipoca no espaçamento de 1,35 m entrelinhas, e semeadura de duas linhas de feijoeiro espaçados de 0,45 m; nesse tratamento houve maior produtividade do feijoeiro e também maior produção por área na soma de ambos.

No entanto mais pesquisas em regiões e anos diferentes são necessárias para recomendações técnicas.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M.; LIEBMAN, M. Insect, weed and plant disease management in multiple cropping system. In: FRANCIS, C.A. **Multiple cropping system**. New York: Mcmillan, p. 183-218, 1986.
- AMARAL FILHO, José Pedro Ribeiro do *et al.* Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.
- BALASUBRAMANIAN, V.; SEKAYANGE, L. Area harvests equivalency ratio for measuring efficiency in multiseason intercropping. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.519-522, 1990.
- CARDOSO, Fernando Penteado. Plantio direto: ano 2000. **R. Agric**, v. 78, n. 1, p. 165-168, 2003.
- COLLIER, Leonardo Santos *et al.* Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 306-313, 2011.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Brasília, DF: Conab, v. 4, n. 2, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 23 mar. 2020.
- CRUZ, A. C. R. *et al.* Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1105-1112, 2003.
- CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.
- DE CARVALHO, Islan Diego Espindula *et al.* Agronomic Performance of Corn Genotypes in a Consortium with the Bean Variety IAC Alvorada. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-7, 2019.
- DE MELO, R. F. *et al.* Desenvolvimento e produtividade do milho BRS Gorutuba sob diferentes lâminas de irrigação e adubação orgânica. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.
- DEMÉTRIO, Claudia Sousa *et al.* Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.
- GAMA, EEG e *et al.* Milho pipoca. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1990.
- HERNANI, L. C.; SOUZA, L. C. F.; CECCON, G. Consorciação de culturas. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, Brasília, DF, s.d. Disponível

em:http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fx4zsnby02wyiv80u5vcsvyqcraq.html. Acesso em: 22 mar. 2020.

IAPAR, Instituto Agrônômico do Paraná. **Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado**. Londrina. Disponível em:<http://www.iapar.br/>. Acesso em: 21 mar. 2020.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KIST, B. B *et al.* **Anuário brasileiro do milho 2019**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cru, 2019.

LOPES, N. F.; OLIVIA, M. A.; CARDOSO, M. J.; GOMES, M. M. S.; SOUZA, V. F. Crescimento e conversão da energia solar em *Phaseolus vulgaris* L. submetido a três densidades de fluxo radiante e dois regimes hídricos. **Revista Ceres**, v. 33, n. 191, p. 1472-164, 1986.

MACIEL, Alessandra Demarchi *et al.* Comportamento do milho consorciado com feijão em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n. 3, p. 309-314, 2004.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CANEIRO, N. P.; PALVA, E. **Fisiologia do milho**. Circular Técnica, Sete Lagoas, dez., 2002. p. 23.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção vegetal: consórcio de plantas**. 2016. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichasagroecologicas/>. Acesso em: 23 mar. 2020.

MUZILLI, Osmar. Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no Estado do Paraná. **Informações agronômicas**, n. 100, 2002.

DE OLIVEIRA, Ademar P. *et al.* Rendimento de feijão-caupi em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio. **Hortic. bras**, v. 21, n. 1, 2003.

OLIVEIRA, I. J. Fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi e milho cultivados em sistema de plantio direto no Amazonas. **Embrapa**. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/205396/fixacao-biologica-de-nitrogenio-em-feijao-caupi-e-milho-cultivados-em-sistema-de-plantio-direto-no-amazonas>. Acesso em: 26 abril. 2021

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; PACHECO, C. A. P.; COSTA, R. V. Milho pipoca. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, s.d. Disponível em:<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy9zxylnl02wx5ok0pvo4k359f3bo9.html>. Acesso em: 22 mar. 2020.

RAMALHO, M. A. P. Consorciação milho-feijão. **EMBRAPA**, s.d. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57157/1/Circ-4-Consorciao-milho.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2020.

REZENDE, Bráulio Luciano Alves; CANATO, Gustavo Henrique Domingues; CECÍLIO FILHO, A. B. Consorciação de alface e rabanete em diferentes espaçamentos e épocas de estabelecimento do consórcio, no inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. S1-S4, 2002.

RUFINI, Márcia *et al.* Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 81-88, 2011.

SÁ, João Carlos de Moraes *et al.* Crescimento radicular, extração de nutrientes e produção de grãos de genótipos de milho em diferentes quantidades de palha de aveia-preta em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1207-1216, 2010.

SALOMÃO, Pedro Emílio Amador *et al.* A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. e154911870-e154911870, 2020.

SHIMADA, MARCELO; ARF, Orivaldo; SÁ, Marco Eustáquio de. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 181-187, 2000.

VIEGAS NETO, Antonio Luiz *et al.* Milho pipoca consorciado com feijão em diferentes arranjos de plantas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 28-33, 2012.

YANG, Zhong-Bao *et al.* Physiological and molecular analysis of polyethylene glycol-induced reduction of aluminium accumulation in the root tips of common bean (*Phaseolus vulgaris*). **New Phytologist**, v. 192, n. 1, p. 99-113, 2011.

ANEXO

Anexo I - Análise de solo da área experimental UFSC Curitibaanos

SOLANALISE			CENTRAL DE ANÁLISES LTDA							
Av. Rocha Pombo, 170 - Jd. Gramado			Cascavel - PR CEP 85.816-540							
Telefone / Fax: 45 3227 1020			CNPJ: 85.473.338/0001-13							
E-mail: solanalise@solanalise.com.br			Home Page: www.solanalise.com.br							
14.05.2018 08:23:22										
Ciente:	CULTIVAR DISTRIBUIDORA DE INSUMOS AGRICOLAS LTDA				Data Entrega:	07/05/2018				
Nome:	UFSC									
Propriedade:	FAZ. EXPERIMENTAL									
Lote Rural:	SDE									
Matricula:	SDE									
Localidade:	SDE									
Município:	Curitibaanos - SC				Data Coleta:	07/05/2018				
Amostra:	00-20 A2/A4A/A4B/A3A									
Controle: 63980 / 2018										
Resultado de Análise de Solos			INTERPRETAÇÃO			GRANULOMETRIA %				
ELEMENTOS	mg/dm ³	Cmol _c /dm ³	BAIXO	MÉDIO	ALTO	Areia:				
Cálcio	Ca	10,72			■■■■■	Silte:	23,75			
Magnésio	Mg	5,44			■■■■■	Argila:	23,75			
Potássio	K	78,00		■■■■■		Classificação do Solo, Tipo: <u>3B 2</u>				
Alumínio	Al	0,00	■■■■■			FÓSFORO				
H + Alumínio	H + Al	4,96			■■■■■	mg/dm ³				
Soma de bases	S	16,36			■■■■■	Fósforo	P	17,25 ^A		
C T C pH 7.0	T	21,32			■■■■■	Fósforo Rem.		11,30		
C T C efetiva	t	16,36			■■■■■	Nível Crítico de Fósforo	NCP	8,49		
						%				
						Fósforo Relativo	PR	203,07		
						RELAÇÕES Cmol _c /dm ³				
Carbono	C	27,63			■■■■■	Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K/√Ca+Mg	
M. Orgânica	MO	47,52			■■■■■	1,97	53,60	27,20	0,05	
						K%				
Sat. Alumínio	Al	0,00	■■■■■			0,94	50,28	25,52	23,26	0,00
Sat. Bases	V	76,74			■■■■■	H%				
Argila	Arg					Al%				
						mg/dm ³				
Boro	B									
Enxofre	S									
Ferro	Fe	21,80		■■■■■						
Manganês	Mn	21,50			■■■■■					
Cobre	Cu	3,90			■■■■■					
Zinco	Zn	3,50			■■■■■					
pH Água		6,00								
pH SMP		6,00								
pH CaCl ₂		5,40								
Observação:						Cascavel, 11 de Maio de 2018				
						 Décio Carlos Zocoler Químico Responsável CRQ 09100089 - 9ª Região				
						 Daniel Florio Zocoler Químico Industrial CRQ 09202405 - 9ª Região				
Confira a autenticidade deste laudo em www.solanalise.com.br com a chave MjAxOHw2Mzk4MA==										
Extrator Melich 1: K - P - Fe - Mn - Cu e Zn, Extrator KCl: Ca - Mg - Al, Extrator HCl 0,05 N: B, Extrator Fosfato de Cálcio: S, Extrator Dicromato de sódio: Carbono										
NESTE LAUDO NÃO CONSTA RECOMENDAÇÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS										