

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

MATHEUS GIOVANE STOCO

**CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES ANTIGAS E MODERNAS DE
SOJA QUANTO A MORFOLOGIA RADICULAR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2018

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

MATHEUS GIOVANE STOCO

**CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES ANTIGAS E MODERNAS DE
SOJA QUANTO A MORFOLOGIA RADICULAR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2018

MATHEUS GIOVANE STOCO

**CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES ANTIGAS E MODERNAS DE
SOJA QUANTO A MORFOLOGIA RADICULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

PATO BRANCO

2018

Stoco, Matheus Giovane
Caracterização de cultivares antigas e modernas de soja quanto a morfologia radicular / Matheus Giovane Stoco.
Pato Branco. UTFPR, 2018
36 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2018.

Bibliografia: f. 31 – 34

1. Agronomia. 2. . Melhoramento genético. 3.Genótipos. I. Benin, Giovani., orient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES ANTIGOS E MODERNAS DE SOJA
QUANTO A MORFOLOGIA RADICULAR

por
MATHEUS GIOVANE STOCO

Monografia apresentada às 15 horas 30 min. do dia 22 de março 2018 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Eng. Agr. M.Sc. Anderson Simionato Milioli
PPGAG-PB UTFPR – Doutorando

Eng. Agr. Me. Rodnei dos Santos
PPGAG-PB UTFPR – Doutorando

Prof. Dr. Giovani Benin
UTFPR Câmpus Pato Branco
Orientador

Prof. Dr. Jorge Jamhour
Coordenador do TCC

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Aos meus pais Jacir Stoco e Roseli da Silva Stoco e Família pelo apoio incondicional e incentivo para a obtenção desse título

AGRADECIMENTOS

Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais, Jacir e Roseli, pelo apoio e incentivo em todos os momentos. Por terem me dado uma excelente educação podendo assim me tornar um homem de caráter. A eles minha eterna gratidão.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Giovani Benin, pela orientação durante esses 5 anos de graduação, pelos conhecimentos compartilhados e pela amizade durante todo esse período.

Aos colegas de graduação e Fitomelhoramento da UTFPR, pela amizade, parceria, auxílio e conhecimentos compartilhados.

A universidade e professores, pela estrutura disponibilizada e conhecimentos transmitidos.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Sonhos determina o que você quer. Ação determina o que você conquista.

“Aldo Novak”

RESUMO

STOCO, Matheus Giovane. Título. Caracterização de cultivares antigos e modernos de soja quanto a morfologia radicular. 36 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

A soja é uma das principais culturas de importância econômica a nível mundial, sendo matéria-prima de inúmeros produtos alimentícios, além de fonte de óleo e proteína. Com o avanço nos programas de melhoramento genético e uso de práticas eficientes de manejo, a produtividade da cultura teve aumento expressivo ao longo dos anos. Por outro lado ainda não é possível identificar quais os parâmetros que ajudaram para o avanço genético obtido ao longo das décadas. O objetivo do presente estudo foi avaliar o progresso genético em caracteres morfológicos do sistema radicular de cultivares de soja disponibilizadas para o cultivo na região Sul do Brasil. Para isso foi utilizado 25 cultivares de soja de diferentes empresas obtentoras, lançadas no período de 1965 a 2011. O experimento foi conduzido em estufa protegida, localizada na UTFPR campus Pato Branco-PR. As unidades experimentais foram representadas por tubos de PVC 100 mm, contendo um pacote plástico confeccionado manualmente que serviu como suporte para o solo e planta. A semeadura inicial foi de 5 sementes e logo após a germinação realizou-se o raleio, permanecendo apenas uma planta por unidade experimental. Não foi utilizada nenhuma forma de adubação, apenas os tratamentos culturais de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Os caracteres avaliados foram, massa seca de raiz primária, massa seca de raiz secundária e altura de raiz. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelos testes de TUKEY, com nível de 5% de probabilidade de erro. As análises foram implementadas utilizando o software estatístico Genes. O melhoramento genético reduziu o sistema radicular dos genótipos ao longo das décadas. Foi possível observar que os caracteres avaliados tiveram comportamento linear decrescente em relação aos genótipos antigos para os modernos, sendo que houve redução de peso seco de raiz primária ($r=-0,003$), peso seco de raiz secundária ($-0,006$) e comprimento de raiz ($r=-0,47$) ao longo dos anos. O Genótipo Paraná (1998) apresentou o maior valor de Peso seco de raiz primária (1.01 g). Para o caractere comprimento de raiz o genótipo BR 4 (1979) apresentou maior resultado (125 cm) e para peso seco de raiz secundária o genótipo BR 16 (1987) apresentou resultado superior em comparação com os demais (0,68 g).

Palavras-chave: Plantas cultivares. Melhoramento genético. Genótipos.

ABSTRACT

STOCO, Matheus Giovane. . Characterization of ancient and modern soybean cultivars as to radicular morphology. 36 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2018.

Soybean is one of most important economic crop worldwide, feedstock in many feed products, beyond be source oil and protein. With the advancement of the breeding programs and better management practices, the grain yield increased along the years. However, the genetic gain in root development is not known. The aim of this study was evaluated the genetic gain in morphologic root system of the genotypes cultivated in south of Brazil. Twenty-five genotypes from different releasers were used, released between 1965 to 2011. The trials was conducted in a greenhouse, at the UTFPR University. The experimental units was composed by PVC pipes (100 mm), with a plastic bag used to support the soil and plants. Theses plastic bags were manufactured manually. Five seeds were seeding in each PVC pipe, and after the emergence, one plant was selected to compose the experimental unit. None fertilizer was used, and the cultural practices follow the technical recommendations for the crop. The evaluated characters were: dry mass of primary and secondary root and root height. Data was evaluated by the ANOVA analyses and mean comparisons by TUKEY test, with 5% of error probability. The analyses were performed with Genes software. The soybean breeding reduced the root system between years. A negative linear regression was observed for all evaluated characters from old genotypes to modern genotypes, where the dry mass of primary root was $r=-0.003$, dry mass of secondary root was $r=-0.006$ and root height was $r=-0.47$. The genotype Paraná (1998) presented the bigger weight of dry mass of primary root (1.01 g) To the root height the genotype BR 4 (1979) presented the bigger result (125 cm) and for the dry mass of secondary root, the genotype BR 16 (1987) presented the bigger result as compared of other genotypes (0.68 g).

Keywords: Cultivated plants. Genetical enhancement. Genotypes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Associação entre Ano de lançamento, Peso seco de raiz primaria (A) e peso seco de raiz secundaria (B), em 25 genótipos de soja, lançados entre 1965 e 2011. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018..... 26
- Figura 2 – Associação entre Ano de lançamento e Comprimento de raiz, em 25 genótipos de soja, lançados entre 1965 a 2011. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.....28

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Descrição dos genótipos, empresa obtentora e ano de lançamento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018..... 23
- Tabela 2 – Análise de variância, seus respectivos quadrados médios e significâncias, de 25 genótipos de soja lançadas entre 1965 e 2011. UTFPR, Pato Branco-PR, 2018.....25
- Tabela 3 – Tabela de contraste de médias para peso seco de raiz primária e peso seco de raiz secundária de 25 genótipos antigo e moderno de soja lançados entre 1965 e 2011. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.....27

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
ONG	Organização não Governamental
PR	Unidade da Federação – Paraná
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FORTTRAN	Formula Translation
NASA	National Aeronautics and Space Administration

LISTA DE ABREVIATURAS

a.C.	Antes de Cristo
Biol.	Biología
Ento.	Entomología

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
Σ	Somatório
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA SOJA.....	18
3.2 PROGRESSO GENÉTICO.....	18
3.3 CRESCIMENTO RADICULAR.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 LOCAL DA IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	22
4.2 CARACTERES AVALIADOS.....	24
4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
6 CONCLUSÕES.....	29
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A soja caracteriza-se como uma das principais culturas produzidas a nível mundial, sendo matéria-prima de inúmeros produtos na indústria alimentícia, por ser uma excelente fonte de proteína e óleo. A produtividade da cultura tem aumentado significativamente nas últimas décadas, passando de 1748 kg ha⁻¹ na década de 1970, para 2870 kg ha⁻¹ na safra 2015/16 (CONAB, 2017). A soja necessita de um estudo contínuo da espécie, bem como de suas relações com o ambiente em que é cultivada, tornando, dessa forma, a pesquisa cada vez mais eficiente e suas características para formação de novas cultivares.

O desenvolvimento radicular está diretamente relacionado à sobrevivência e produtividade das plantas, principalmente em ambientes que apresentam condições ambientais desfavoráveis, como o estresse hídrico. Neste caso, o desenvolvimento que a raiz apresenta determina a sua capacidade de explorar os recursos hídricos em áreas de sequeiro. No entanto, a raiz apresenta inúmeros desafios para o seu estudo (MYERS et al., 2007). Para mensurar os efeitos da compactação do solo no sistema radicular das culturas, vários métodos podem ser utilizados, no entanto, a maioria destes são demorados e trabalhosos, além de exigirem muita mão-de-obra, o que dificulta as avaliações (BENJAMIN; NIELSEN, 2004). O principal entrave para os estudos e avaliações de sistemas radiculares é de caráter metodológico (BRASIL, 2005).

Um dos principais fatores que influenciam a profundidade de enraizamento de soja é a taxa de alongamento da raiz principal. Como as raízes principais são as primeiras raízes formadas na cultura da soja, a identificação de genótipo com rápido desenvolvimento de raízes principais em condições desfavoráveis pode permitir a determinação da capacidade de um sistema radicular melhor desenvolvido (MANAVALAN et al., 2009). Rucker et al. (1995) observaram que alguns genótipos de amendoim com grande sistema radicular sobre condições de não estresse apresentaram alto rendimento em condições de seca, concluindo que estes genótipos possuíam características de tolerância a seca. Variabilidade entre genótipos com diferente distribuição de raízes em resposta à seca foi encontrado em feijão-de-corda (MATSUI; SINGH 2003), trevo branco

(ANNICCHIARICO; PIANO, 2004) e grão-de-bico (YUSUF ALI et al., 2005, BENJAMIN; NIELSEN 2004; KASHIWAGI et al., 2006). Em contraste, Benjamin e Nielsen (2006) concluíram que o déficit hídrico não afetou a distribuição de raízes na soja.

Existem correlações significativas em soja entre resistência a seca e várias características das raízes, tais como o peso seco e volume de raiz, comprimento de raiz e número de raízes secundárias (LER e BARTLET 1972). Diversos estudos têm associado a manutenção da produtividade das culturas em condições de déficit hídrico ao desenvolvimento radicular. Boyer et al., (1980) verificaram que variedades melhoradas apresentaram maior potencial de água nas folhas e desenvolvimento radicular em detrimento a variedades tradicionais, em condições de deficiência hídrica. Segundo os mesmos autores, o melhoramento genético objetivando o aumento de produtividade proporcionou a obtenção de materiais com alto potencial de água nas folhas pelo fato destes materiais apresentarem sistemas radiculares mais desenvolvidos. No entanto, Wissuwa et al. (2009) afirmaram que as cultivares modernas, sempre selecionadas para responder a alta fertilidade, provavelmente tenham perdido parte de sua capacidade de adaptação a ambientes desfavoráveis.

Por outro lado, o efeito do ambiente do solo sobre o fenótipo têm dificultado e limitado os estudos sobre o sistema radicular de plantas em nível de campo (O'TOOLE; BLAND 1987; TUBEROSA et al., 2002), e estudos neste sentido em ambientes controlados tem se tornado importantes para a melhor caracterização do sistema radicular dos genótipos.

Os processos laboriosos envolvidos na separação de raízes e a falta de procedimentos de avaliação são os principais obstáculos para o melhoramento genético de características de raízes. Desde um sistema pivotante profundo associado com um número moderado de raízes secundárias para extrair água do solo é o mecanismo genético mais promissor para melhorar genótipos resistentes à seca. Entretanto, apesar de grande importância destes estudos, são escassos os trabalhos para a cultura da soja no Brasil.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Caracterizar o progresso genético para desenvolvimento radicular de cultivares brasileiras de soja lançadas no período entre 1965 e 2011, permitindo estabelecer novas estratégias para a obtenção de ganhos genéticos futuros.

2.2 ESPECÍFICOS

Será estudado cultivares de soja lançadas entre 1965 e 2011 no Brasil quanto a:

Desenvolvimento radicular, para o qual será avaliado comprimento de raiz, peso seco de raiz primária e peso seco de raiz secundária.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA SOJA

A soja (*Glycine Max* (L.) Merr.) é uma cultura de grande importância econômica. Seus grãos possuem aproximadamente 40% de proteína e 20% de óleo (OLIVEIRA, 2011), sendo utilizados na alimentação humana e animal, além de serem destinados também para a produção de lubrificantes, biodiesel, entre outros usos industriais. A cultura apresenta importância no mercado externo, favorecendo positivamente o saldo da balança comercial (HIRAKURI et al., 2010).

Os aumentos em área cultivada e produtividade da cultura no Brasil estão diretamente relacionados aos avanços em novas tecnologias, crescimento científico, mecanização agrícola, manejo do solo, controle mais eficiente de pragas, doenças e plantas daninhas, disponibilização de cultivares adaptada a diferentes ambientes de cultivo, entre outros fatores, que favoreceram o avanço da cultura nas últimas décadas (FREITAS et al., 2011).

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, ficando atrás somente dos Estados Unidos (CONAB, 2016). A soja é a cultura agrícola que apresentou o maior crescimento nas últimas três décadas, sendo responsável por 57,02% da área plantada no país (MAPA, 2016). Para a safra agrícola 2016/17 a estimativa de crescimento foi de 3,6% com 32,1 milhões de hectares cultivados (CONAB, 2016).

O estado do Paraná é o segundo maior produtor de soja nacional e o maior produtor da região Sul (CONAB, 2016). O aumento crescente da produção a nível nacional, bem como, a maior capacidade competitiva da cultura, está associado com o progresso científico e a disponibilização de tecnologias para o setor produtivo.

3.2 PROGRESSO GENÉTICO

O ganho ou progresso genético pode ser definido como as alterações ocorridas em caracteres de interesse após cada ciclo de seleção, sucedendo em diferentes sentidos, os quais dependem da estratégia e dos critérios de seleção utilizados. Assim, uma das principais atribuições do melhorista é identificar os critérios de seleção capazes de promoverem alterações no sentido desejado (REIS et al., 2004). O ganho genético obtido ao longo dos anos através dos programas de melhoramento, associado ao avanço das práticas de manejo, tem sido responsáveis pelos aumentos consideráveis de produtividade em diversas culturas de importância econômica no Brasil e no mundo.

Os programas de melhoramento genético da cultura são essenciais para atender à crescente demanda por maiores produções, possibilitando, através da criação de variabilidade e ampliação da base genética, a seleção dos melhores genótipos de uma população, capazes de superar os patamares de produtividade. Assim, uma das atribuições mais importantes do melhorista de plantas é identificar critérios de seleção capazes de promover alterações, no sentido desejado, nas características de interesse dentro de um programa de melhoramento (REIS et al., 2004). De acordo com Costal et al. (2004) é essencial que os programas de melhoramento genético atendam a crescente demanda por um aumento da produção, contribuindo para aumento de variabilidade e conseqüente ampliação da base genética e a seleção dos melhores genótipos de uma população capaz de superar os patamares de produção de grãos.

O melhoramento genético associado às melhorias das práticas de manejo, tem sido responsáveis pelo aumento do rendimento das grandes culturas. Na Índia, Ramteke et al. (2011) observaram um ganho genético de 2.6% por ano no rendimento de grãos de soja em 39 anos de melhoramento genético. Os autores também verificaram que o número de sementes por planta teve um acréscimo de 1.56% ao ano, apresentando correlação positiva com o rendimento de grãos. Em milho, a adoção de híbridos simples, melhorias no ângulo de disposição das folhas e o desenvolvimento de genótipos responsivos as altas densidades de semeadura, tem auxiliado para o aumento da produtividade de grãos (DUVICK, 2005).

O melhoramento genético tem contribuído para o aumento do rendimento de grãos devido, em grande parte, as melhorias de parâmetros morfo e

fisiológicos obtidos ao longo dos anos. Além disso, tem se observado que culturas com um sistema radicular melhor desenvolvido apresentam maior tolerância a estresses e aumento da produtividade. Segundo Pabin et al. (1998), a redução de 40% no comprimento radicular é crítica à produtividade das plantas em solo arenoso. Genótipo de soja com maior desenvolvimento de raízes secundária, em solos sobre condições de baixa disponibilidade de P, apresentaram maior eficiência na absorção de P e rendimento de grãos (LIU et al., 2008).

Para (LYNCH, 2007) existe a necessidade de selecionar os tipos de raízes ideais para diferentes tipos de ambientes e que possibilitem os rendimentos esperados mesmo em condições adversas. Estudos do progresso genético de caracteres para a cultura da soja é de grande importância, pois podem contribuir para indicar novos caminhos para a continuidade do progresso genético da cultura.

3.3 CRESCIMENTO RADICULAR

O sistema radicular é de grande importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Dentre as principais funções das raízes para as plantas, está a fixação da planta no solo, absorção de água e nutrientes (RAWITSCHER, 1979; BENGOUGH et al., 2006). As dicotiledôneas, ao contrário das monocotiledôneas, apresentam um sistema radicular que surge com uma raiz principal. Outras raízes surgem lateralmente do hipocótilo e são chamadas de raízes basais, que por sua vez também formam ramificações laterais. A raiz principal também pode formar raízes laterais, sem serem basais formadas basicamente na parte intermediária da raiz.

Na literatura, para a descrição de raízes, tanto para mono quanto para dicotiledôneas, são encontradas diferentes nomenclaturas. Em diferentes citações, o termo sistema de raiz primária é utilizado no lugar de raiz seminal e sistema de raiz secundário no lugar de raiz nodal.

Apesar de o sistema nodal ser considerado por muitos o mais importante, dúvidas existem uma vez que há evidências de que as raízes seminais sejam importantes para acessar recursos em camadas profundas do solo. Watt et al. (2008) trabalhando com trigo, cevada e triticales propuseram uma nova

nomenclatura, substituindo os termos seminal e nodal por termos equivalentes às diferentes origens das raízes destas plantas. Propuseram os termos raízes das axilas primárias, raízes das axilas do nó escutelar, raízes das axilas do nó do coleóptilo e raízes das axilas do nó das folhas. No entanto, independentemente da nomenclatura e da classificação, os diversos estudos realizados até hoje mostram a funcionalidade das diferentes raízes e sua importância para a agricultura.

Na fase vegetativa a raiz principal da soja pode atingir até 0,60 m de profundidade enquanto, as raízes laterais podem atingir de 0, 20 a 0,25 m de comprimento (TORRES; SARAIVA, 1999), na fase reprodutiva, a raiz principal pode atingir 0,75 m (QUEIROZ VOLTAN et al., 2000), segundo os autores, em condições normais de cultivo, as raízes se distribuem quase totalmente nos primeiros 0,15 m do solo.

A arquitetura do sistema radicular está relacionada com a produtividade das culturas, pois muitos recursos do solo se encontram irregularmente distribuídos (LYNCH, 1995). Um bom posicionamento do sistema radicular pode aumentar a capacidade da planta em explorar estes recursos. Assim, a habilidade das plantas em absorver água e nutrientes está relacionada à sua capacidade de desenvolver um extenso sistema radicular (TAIZ; ZEIGER, 2004). Segundo (HO et al., 2012), fazendo estudos com a cultura do feijão, pode afirmar que sistemas radiculares superficiais melhoram a absorção de nutrientes pelas plantas, notadamente o fósforo e que um sistema radicular mais profundo é mais eficiente na absorção de água. Raízes com essa dupla função, são chamadas dimórficas e poderão ser consideradas importantes melhorias a serem obtidas na seleção de raízes mais eficientes para a absorção de água e nutrientes. Com objetivo semelhante Jochua (2013), apresentou a metodologia para a seleção de genótipos de feijão mais tolerantes à deficiência hídrica e boa absorção de fósforo, considerando a importância da cultura para a África e a América Latina.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DA IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi implantado em casa de vegetação, pertencente a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco-PR (26°13'44"S, 54°40'15"O, 760 m de altitude). Onde foram utilizados 25 genótipos de soja, de diferentes empresas obtentoras e épocas de lançamento, representativas em área cultivada nas últimas cinco décadas, disponibilizadas para o cultivo entre os anos de 1965 e 2011. As cultivares com suas respectivas empresas obtentoras e anos de lançamento estão apresentadas na Tabela 1.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, e dentro de cada repetição terá quatro sub-repetições. A semeadura foi realizada no dia 31 de dezembro de 2017, sendo a coleta para as avaliações dos caracteres de interesse programadas para o início do florescimento (R1).

Foram utilizados como unidades experimentais tubos de PVC de 100 mm, com comprimento de 80 cm, o qual facilitou o manejo do experimento e a retirada das raízes sem danificá-las. Dentro de cada tubo de PVC foi utilizado pacotes de plástico confeccionados manualmente, os quais servirão como suporte para o solo. O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico Típico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), o mesmo foi homogeneizado, peneirado e misturado com substrato (terra viva), facilitando o desenvolvimento radicular. A proporção utilizada de solo e substrato foi de 1/3 (1 de substrato para 3 de solo).

Densidade de semeadura utilizada inicialmente foi de 5 sementes por unidade experimental, e posteriormente foi realizado o raleio para 1 planta por unidade experimental. Não foi utilizado nenhum tipo de adubação, apenas a aplicação de defensivos agrícolas para o controle de doenças e pragas. A irrigação utilizada foi realizada através de microaspersores do tipo aranha (por gotejamento).

Tabela 1 – Descrição dos genótipos, empresa obtentora e ano de lançamento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.

Genótipos	Empresa Obtentora	Ano de Lançamento
BMX Apolo	GDM Genética - moderno	2007
BMX Magna	GDM Genética - moderno	2007
BMX Potência	GDM Genética - moderno	2007
BR 16	Embrapa - antigo	1987
BR 4	Embrapa - antigo	1979
BRS 133	Embrapa - antigo	1997
BRS 232	Embrapa - moderno	2003
BRS 284	Embrapa - moderno	2007
CD 206	Coodetec - antigo	1999
CD 208	Coodetec - antigo	1999
CD 214 RR	Coodetec - moderno	2003
CD 215	Coodetec - moderno	2002
Davis	Embrapa - antigo	1965
Embrapa 48	Embrapa - antigo	1995
FT Abyara	FT Pesquisa e Sementes - antigo	1991
IAS 5	Embrapa - antigo	1973
OCEPAR 4 (Iguaçu)	Ocepar - antigo	1987
Paraná	Embrapa - antigo	1998
TMG 7262 RR	Tropical Melhoramento Genética - moderno	2011
VMAX (NK 412113)	Syngenta - moderno	2001
VMAX RR	Syngenta - moderno	2007
Vtop RR	Syngenta - moderno	2010
NA 5909	Nideira - moderno	2008
Nova Bragg (BR 6)	Embrapa - antigo	1981
NS 4823	Nideira - moderno	2008

4.2 CARACTERES AVALIADOS

No início do florescimento (R1), foram colhidas duas plantas (homogêneas) por repetição a fim de avaliar os caracteres agronômicos de interesse. Sendo avaliado: Comprimento de raiz, mensurada do início da inserção de raiz na planta, ao final do sistema radicular. As avaliações para peso seco de raiz principal, peso seco de raiz secundária foi determinado após a secagem do material vegetal em estufa (72 horas a 40 °C ou até peso constante) e em seguida pesado em uma balança de precisão.

4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Realizou-se a análise de variância (ANOVA), para todas as características em estudo, e análise de regressão para os anos de lançamento, adotando um nível alfa igual a 5% de significância. Quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade de erro, usando o programa estatístico Genes (CRUZ, 2006), e os gráficos foram plotados com o software SigmaPlot 11.0. O coeficiente de variação foi calculado pela expressão, $CV=100 \times \sqrt{\text{variância do erro do tratamento}} / \text{média do tratamento}$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os caracteres peso seco de raiz primaria (PSRP) e peso seco de raiz secundaria (PSRS) foram significativos ($p < 0,05$) para o efeito de tratamento, já o caractere comprimento de raiz (CR) não foi significativo para o mesmo efeito em estudo. Esse fato indica que não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade de erro entre as cultivares em estudo. Os coeficientes de variação (CV) foram relativamente baixos para os caracteres avaliados, variando de 22,86% para peso seco de raiz secundaria, 18,59% comprimento de raiz e 17,58% para peso seco de raiz primaria, indicando boa precisão experimental (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise de variância, seus respectivos quadrados médios e significâncias, de 25 genótipos de soja lançadas entre 1965 e 2011. UTFPR, Pato Branco-PR, 2018

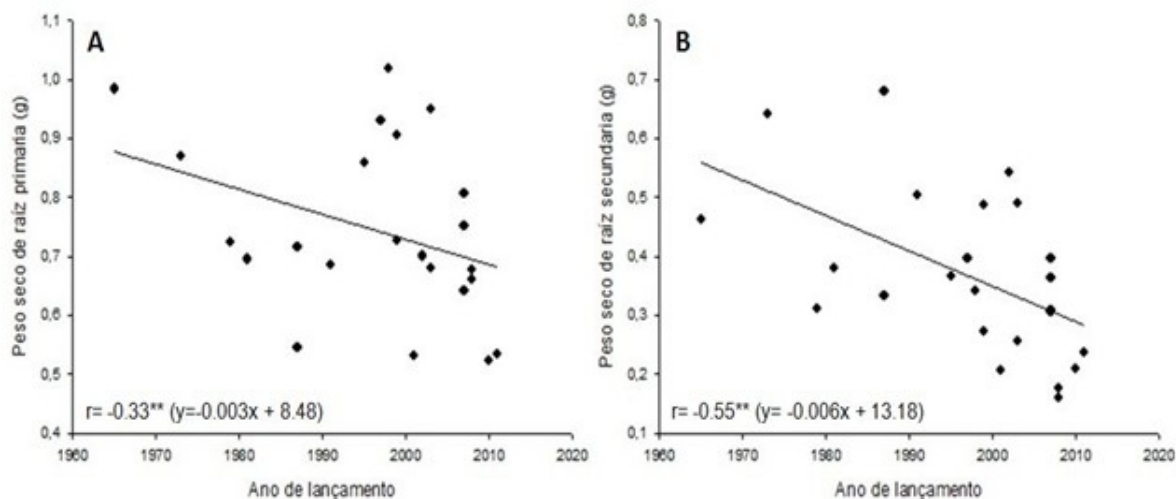
CAUSAS DE VARIÇÃO	GL	QM's		
		PSRS	CR	PSRP
BLOCOS	2	0,024	18,21	0,023
TRATAMENTOS	24	0,060 **	380,85 ns	0,061 **
RESÍDUO	48	0,006	250,33	0,017
MÉDIA		0,35	85,1	0,74
CV (%)		22,86	18,59	17,58

QM's, quadrados médio; GL, grau de liberdade; CV, coeficiente de variação; PSRS, peso seco de raiz secundaria; CR, comprimento de raiz; PSRP, peso seco de raiz primaria. ns e **, são valores não significativos e significativos a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Através da análise de regressão, foi observado que o peso seco de raiz primaria e o peso seco de raiz secundaria apresentaram comportamento linear negativo associado com o ano de lançamento dos genótipos ($r = -0,33$ para PSRP e $r = -0,55$ para PSRS). Com um decréscimo médio de 0,003 g de peso seco de raiz primaria e 0,006 g de peso seco de raiz secundaria (figura 1. 1A e 1B) ao longo dos anos. Estes resultados corroboram com a afirmação de Wissuwa et al. (2009), na qual diz que as cultivares modernas, sempre selecionadas para responder a muita utilização de insumos e fertilizantes, provavelmente tenham perdido parte de sua capacidade de adaptação a ambientes desfavoráveis, indicando que as cultivares

modernas embora tenham aumentando sua capacidade produtiva, apresentaram perda na sua capacidade adaptativa e competitiva, explicando o decréscimo no desenvolvimento do sistema radicular. Vários trabalhos mostram que a seleção para rendimento por unidade de área favoreceu cultivares com baixa capacidade competitiva (REYNOLDS et al., 1994; SADRAS et al., 2000; SONG et al., 2009; FANG et al., 2011). Szymanowska Pulka (2013) considera que existiram muitos avanços em estudos de raízes nas últimas décadas, nas áreas de biologia celular e molecular, tendo sido dada muito pouca atenção a estudos da morfologia das mesmas, principalmente sobre o desenvolvimento de raízes secundárias.

Figura 1 – Associação entre Ano de lançamento, Peso seco de raiz primária (A) e peso seco de raiz secundária (B), em 25 genótipos de soja, lançados entre 1965 e 2011. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018



** são valores significantes a 5% de probabilidade pelo teste t.

A análise de contraste de média (Tabela 3) mostra que, os pesos seco de raiz primária variaram de 0,52 g a 1,01 g, sendo que os genótipos antigos Paraná (1,01 g) e Davis (0,98 g) apresentaram resultados superiores em relação aos demais genótipos. Para esse mesmo caractere os genótipos modernos Vtop RR (0,52 g), TMG 7262 RR (0,53 g) e VMAX (NK 412113) (0,53 g) apresentaram os menores resultados quanto a peso seco de raiz primária (PSRP) entre os genótipos em estudo.

Para peso seco de raiz secundária as médias variaram de 0,68 g a 0,16 g, sendo que o genótipo antigo BR 16 (0,68 g) apresentou resultado superior e

os genótipos modernos BMX Apolo (0,16 g), NA 5909 (0,16 g) e NS 4823 (0,17 g) foram os que apresentaram resultados inferiores sob os demais.

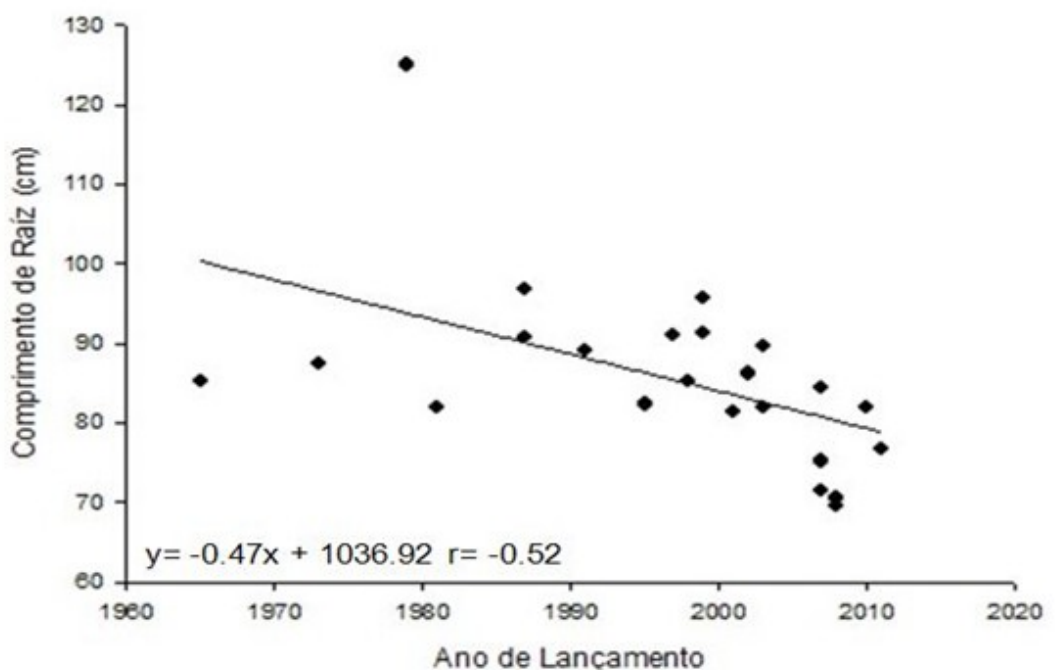
Tabela 3 – Tabela de contraste de médias para peso seco de raiz primária e peso seco de raiz secundária de 25 genótipos antigo e moderno de soja lançados entre 1965 e 2011. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018

Cultivar	Ano de lançamento	PSRP (g)	PSRS (g)
Davis	1965	0,98 a	0,46 bcdefg
IAS 5	1973	0,87 abc	0,64 ab
BR 4	1979	0,70 abc	0,31 cdefg
Nova Bragg (BR 6)	1981	0,69 abc	0,38 cdefg
BR 16	1987	0,54 bc	0,68 a
OCEPAR 4 (Iguaçu)	1987	0,71 abc	0,33 cdefg
FT Abyara	1991	0,68 abc	0,5 abcd
Embrapa 48	1995	0,85 abc	0,36 cdefg
BRS 133	1997	0,92 abc	0,39 bcdefg
Paraná	1998	1.01 a	0,34 cdefg
CD 208	1999	0,72 abc	0,48 abcdef
CD 206	1999	0,90 abc	0,27 defg
VMAX (NK 412113)	2001	0,53 c	0,2 fg
CD 215	2002	0,70 abc	0,54 abc
CD 214 RR	2003	0,67 abc	0,25 defg
BRS 232	2003	0,94 ab	0,49 abcde
BRS 284	2007	0,75 abc	0,36 cdefg
BMX Magna	2007	0,69 abc	0,29 cdefg
BMX Potência	2007	0,80 abc	0,39 bcdefg
BMX Apolo	2007	0,84 abc	0,16 g
VMAX RR	2007	0,64 abc	0,3 cdefg
NA 5909	2008	0,67 abc	0,16 g
NS 4823	2008	0,66 abc	0,17 g
Vtop RR	2010	0,52 c	0,21 fg
TMG 7262 RR	2011	0,53 c	0,23 efg

PSRP, peso seco de raiz primária; PSRS, peso seco de raiz secundária; g, unidade de medida em gramas. *Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si.

Assim como para os caracteres peso seco de raiz primária e peso seco de raiz secundária foi possível observar através da análise de regressão, que o caractere comprimento de raiz apresentou uma linear decrescente associada com o ano de lançamento dos genótipos ($r = -0,52$) (Figura 2). Com decréscimo de 0,47 cm ao longo dos anos.

Figura 2 – Associação entre Ano de lançamento e Comprimento de raiz, em 25 genótipos de soja, lançados entre 1965 a 2011. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.



Corroborando com as afirmações e trabalhos dos autores já citados. Estes resultados sugerem que com o foco dos programas de melhoramento em desenvolver cultivares modernas com maior capacidade produtiva e responsiva a altas tecnologias, fez com que ocorresse um decréscimo do sistema radicular e por consequência disso, diminuição na capacidade adaptativa e competitiva dos novos genótipos ao longo dos anos.

6 CONCLUSÕES

Ocorreu um decréscimo ao longo dos anos no desenvolvimento radicular das cultivares de soja lançadas entre 1965 e 2011.

Para peso seco de raiz primária os genótipos Davis e Paraná apresentaram resultados superiores em comparação aos demais.

Em relação a peso seco de raiz secundária o genótipo BR 16 obteve resultado superior.

Para desenvolver novas cultivares, melhores adaptadas a ambientes que possa ocorrer situações de estresse hídrico e com maior capacidade competitiva, os programas de melhoramento devem dar atenção especial ao desenvolvimento radicular.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em mente que começaremos a ter limitação de fertilizantes e água, além do aumento de pressões por ambientes mais sustentáveis. Assim, tudo indica que não poderemos apenas selecionar genótipos que tenham bom desempenho em ambientes favoráveis.

Uma alternativa para minimizar esses problemas, seria o aprofundamento de estudos sobre tolerância de plantas a estresses ambientais. Sendo possível, selecionar genótipos com sistemas radiculares adaptados a condições de baixa fertilidade de solos, as restrições ao uso de fertilizantes e à deficiência hídrica, uma vez que, com os recentes avanços da ciência. Isso já é possível.

REFERÊNCIAS

VOLTAN, R. B. Q.; NOGUEIRA, S. D. S. S.; MIRANDA, M. A. C. d. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n. 5, p. 929–938, 2000.

ANNICCHIARICO P ANDPIANO, E. Indirect selection for root development of white clover and implications for drought tolerance. **Journal Of Agronomy And Crop Science**, v. 190, n. 1, p. 28–34, 2004. Disponível em: <[Http://Onlinelibrary.Wiley.Com/Doi/10.1046/J0931-2250.2003.00070.X/Full](http://Onlinelibrary.Wiley.Com/Doi/10.1046/J0931-2250.2003.00070.X/Full)>. Acesso em: 20 Jul. 2017.

BENGOUGH, G. A et al. Root responses to soil physical conditions; growth dynamics from field to cell. **Journal Of Experimental Botany**, v. 57, n. 2, p. 437– 447, 2006.

BENJAMIN, Joseph G; NIELSEN, D C A. Method to separate plant roots from soil and analyze root surface Área. **Plant And Soil**, Colorado, v. 267, p. 225–234, 2004.

BOYER, J. S; JOHNSON, R. R; SAUPE, S.G. Afternoon water deficits and grain yields in old and new soybean cultivars1. **Agronomy Journal**, n. 72, p. 981–986, 1980. Disponível em: <10.2134/Agronj1980-00021962007200060028x>. Acesso em: 27 jun. 2018.

BRASIL, F C. **Variabilidade Espacial E Temporal De Características Morfológicas Do Sistema Radicular De Gramíneas Forrageiras**. Tese (Doutorado Em Ciência Do Solo) — Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Seropédica, 2005.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento Da Safra Brasileira De Grãos – Quinto Levantamento**. Brasília, 2016. Disponível em: <[Http://Www.Conab.Gov.Br/OlalaCMS/Uploads/Arquivos-/16 02 04 11 21 34 Boletim Graos Fevereiro 2016 Ok.Pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_02_04_11_21_34_Boletim_Graos_Fevereiro_2016_Ok.Pdf)>. Acesso em: 27Mar. 2017.

CONAB, Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos-Décimo primeiro Levantamento**. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos-/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

CRUZ, Cosmo D Genes. A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271–276, 2013.

DONALD, N. Duvick. he contribution of breeding to yield advances in maize (zea mays l.). **Advances In Agronomy**, v. 86, p. 83–145, 2005. Disponível em: <[Https://](https://)

Www.Researchgate.Net/Publication-/223589540 The Contribution Of Breeding To Yield Advances In Maize Zea Mays L >.

EMBRAPA, Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Centro Nacional De Pesquisa De Solos. Sistema Brasileiro De Classificação De Solos**. 2. ed. Rio De Janeiro, 2006. 306 p.

FREITAS, M. C M de. A cultura da soja no brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. In: **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 7,n. 12, 2011.

HIRAKURI, Marcelo H. Efeito da estiagem na viabilidade econômica da produção de soja no oeste do paraná: Um estudo de caso da safra 2008/2009. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 230–237, 2010.

JOCHUA, C.N. **Deploying Root Traits For African Bean Breeding**. Tese (Degree Of Doctor Of Philosophy) — The Pennsylvania State University, The Graduate School, College Of Agricultural Sciences, Usa, Pennsylvania, 2013. Disponível em: <[Http://Www.Infoteca.Cnptia.Embrapa.Br/Infoteca-/Handle/Doc/995963](http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/995963)>. Acesso em: 23 mar. 2018.

LYNCH, Jonathan P. Root architecture and plant productivity. **Plant Physiology**, v. 95, p. 7–13. Disponível em: <[http://Www.Plantphysiol.Org-/Content/109/1/7.Full.Pdf+Html](http://www.plantphysiol.org/content/109/1/7.full.pdf+html)>. Acesso em: 08 Fev. 2017.

LYNCH, Jonathan P. Roots of second green revolution. **Australian Journal Of Botany**, v. 55, p. 493–512, 2007.

Disponível em: <[https://Www.Researchgate.Net/Publication-/248899554](https://www.researchgate.net/publication/248899554) Roots Of The Second Green Revolution>. Acesso em: 08 Fev. 2017.

MAPA, Ministério Da Agricultura Pecuária E Abastecimento. **Portaria 131, Zoneamento Agrícola Da Soja Para O Parana Safra 15/16**. [S.l.], 2017. Disponível em: <[Http://Www.Agricultura.Gov.Br/Politica-Agricola/Zoneamento-Agricola/Portariassegmentadas- Por-Uf](http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola/portariassegmentadas-por-uf)>. Acesso em: 02 Abr. 2017.

MATSUI, T; SINGH, Bb. Características da raiz do feijão caupi relacionadas à tolerância à seca no est dio de plântula. **Agricultura Experimental** — 28 jun. 2018, v. 39, p. 29–38, 2003. Disponível em: <[Https://Doi.Org/10.1017/S0014479703001108](https://doi.org/10.1017/S0014479703001108)>.

MYERS, Brenton. D et al. Soybean root distribution related to claypan soil properties and apparent soil electrical conductivity. **Crop Science**, v. 47, p. 1498–1509, 2007.

OLIVEIRA, Inocencio. J De. **Relação Genética Entre Produtividade De Óleo E Podridão Vermelha Das Raízes**. Tese (Doutorado Em Ciência Escola Superior De Agricultura “Luiz De Queirós) — Universidade De São Paulo, Piracicaba, 2011.

O'TOOLE, J C; BLAND, William. Genotypic variation in crop plant root systems. **Advances In Agronomy**, n. 41, p. 91–145, 1987. Disponível em: <10.1016/S0065-2113(08)60803-2>. Acesso em: 28 mar.2018

PABIN, J. et al. Critical soil bulk density and strength for pea seedling root growth as related to other soil factors. **Soil Till. Res**, v. 46, p. 203–208, 1998. Disponível em: <[Http://Www.Scielo.Br/Pdf/Rbcs/V24n1/21.Pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v24n1/21.pdf)>. Acesso em: 24 mar. 2018.

RAMTEKE, Rajkumar et al. Genetic progress of soybean varieties released during 1969 to 2008 i india. **Indian Journal Of Genetics And Plant Breeding**, v. 71, p. 333–340, 2011.

RAWITSCHER, Felix. Elementos básicos da botânica: Introdução aos estudos da botânica. **Ed. Nacional**, São Paulo, 1979.

REIS, E. F. Dos et al. Avaliação de mecanismos rompedores e compactadores em semeadura direta. **Engenharia Na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 212–221, 2004.

REYNOLDS, Matthew et al. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. **Functional Plant Biology**, v. 21, p. 717–730, 1994. Disponível em: <10.1071/Pp9940717>. Acesso em: 20 jan. 2017.

RUCKER, K. S et al. Identification of peanut genotypes with improved drought avoidance traits. **Peanut Science**, v. 21, n. 1, p. 14–18, 1995.

SALVI, Roberto Tuberosa Silvio; LANDI, Maria Corinha Sanguineti Pie- rangelo; CONTI, Marco Maccaferri Sérgio. **Mapeamento de QTIS que Regulam as Características e o Rendimento Morfo-Fisiológicos: Estudos De Caso, Deficiências E Perspectivas Em Milho Estressado Pela Seca**. v. 89, n. 7, 2002. 941–963 p. Disponível em: <[Https://Doi-Org/10.1093/Aob/Mcf134](https://doi-org/10.1093/Aob/Mcf134)>. Acesso em: 15 Jun. 2002.

SZYMANOWSKA-PULKA. Form matters: Morphological aspects of lateral root development. 2013. Disponível em: <[Https://Www.Ncbi.Nlm.Nih-Gov/Pubmed/24190952](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24190952)>. Acesso em: 17 Ago. 2018.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2004.

TORRES, E. T; SARAIVA, O. F. Impedimento mecânico do solo em sistema agrícola com a soja. **Embrapa Soja**, Londrina, p. 58, 1999.

WATT, M; MAGEE, L.J; MCCULLY, M.E. Types, structure and potential for axial water flow in the deepest roots of field-grown cereals. **New Phytologist**, v. 178, p. 135–146, 2008.

WISSUWA, Matthias; MAZZOLA, Mark; PICARD, Christine. **Novel Approaches In Plant Breeding For Rhizosphere-Related Traits**. [S.l.], 2009. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3698374/mcs217c116>>. Acesso em: 17 Ago. 201.