

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**VARIABILIDADE EM GERMOPLASMA
DE AVEIA-PRETA QUANTO A CARACTERES
RELACIONADOS À APTIDÃO FORRAGEIRA OU
COBERTURA DO SOLO**

SÍLVIA ORTIZ CHINI

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, janeiro de 2017

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**VARIABILIDADE EM GERMOPLASMA
DE AVEIA-PRETA QUANTO A CARACTERES
RELACIONADOS À APTIDÃO FORRAGEIRA OU
COBERTURA DO SOLO**

SÍLVIA ORTIZ CHINI

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Simone Meredith Scheffer Basso

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, janeiro de 2017



PPGAgro

Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a tese

"VARIABILIDADE EM GERMOPLASMA DE AVEIA-PRETA QUANTO A CARACTERES RELACIONADOS À APTIDÃO FORRAGEIRA OU COBERTURA DO SOLO"

Elaborada por

Sílvia Ortiz Chini

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
"Doutora em Agronomia – Área de Produção Vegetal"

Aprovada em: 10/01/2017
Pela Comissão Examinadora

Dra. Simone Meredith Scheffer Basso
Presidente da Comissão Examinadora
Orientadora

Dr. Renato Serena Fontaneli
Embrapa Trigo

Dra. Nádia Canali Lângaro
UPF

Dra. Eunice Oliveira Calvete
Coordenadora PPGAgro

Dr. Pedro Alexandre Varella Escótegu
UPF

Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV

Dr. Alfredo do Nascimento Junior
Embrapa Trigo

CIP – Catalogação na Publicação

C331r Chini, Sílvia Ortiz

Variabilidade em germoplasma de aveia-preta quanto a caracteres relacionados à aptidão forrageira ou cobertura do solo / Sílvia Ortiz Chini. – 2017.

170 f. : il. ; 25 cm.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2017.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Simone Meredith Scheffer Basso.

1. Aveia. 2. Cobertura do solo. 3. Aveia – Qualidade. I. Chini, Sílvia Ortiz, orientadora. II. Título.

CDU: 633.13

Catalogação: Bibliotecária Marciéli de Oliveira - CRB 10/2113

BIOGRAFIA DO AUTOR

Sílvia Ortiz Chini, nascida aos 29 dias do mês de agosto de 1986, em Soledade, Rio Grande do Sul, iniciou seus estudos na Universidade de Passo Fundo, em 2005. Em 2010 concluiu o Curso de Ciências Biológicas na mesma instituição. Em 2011 ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade de Passo Fundo – RS. Para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, realizou seus estudos sobre taninos e flavonoides em *Lotus* spp.. No ano de 2013, seguiu seus estudos no mesmo programa quando iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, na linha de pesquisa de Biotecnologia e Recursos Genéticos, no macroprojeto intitulado Caracterização e avaliação de germoplasma com aptidão forrageira. Seu estudo teve como objeto de pesquisa a aveia-preta, gramínea utilizada amplamente no Sul do Brasil e caracterizou-se como inovador na área de caracterização de genótipos envolvendo as áreas de melhoramento, manejo cultural, química, morfologia e anatomia vegetal, bromatologia e forragicultura.

Para conquistar o mundo usemos o amor e a compaixão.
Madre Teresa de Calcutá

*A única atitude intelectual digna de uma criatura superior é a de uma
calma e fria compaixão por tudo quanto não é ele próprio.*
Fernando Pessoa

Dedico

À minha família,

Aos meus amados pais César e Denise pelo amor e apoio

incondicional.

Ao Dr. João Francisco Sartori (in memoriam.)

AGRADECIMENTOS

Meu maior agradecimento é dirigido aos meus pais que sempre iluminaram meus caminhos com afeto e dedicação, que se doaram inteiros e renunciaram aos seus sonhos, para que, muitas vezes, pudéssemos realizar os nossos. Não bastaria um muitíssimo obrigado por ter tido o contínuo apoio em todos estes anos, ensinando-me, principalmente, a importância da construção e coerência de meus próprios valores. Agradeço de forma muito carinhosa ao meu noivo Guilherme Rubin, pela paciência, fortaleza e carinho.

À Prof^ª. Dr^ª. Simone Meredith Scheffer-Basso, minha mestre científica, agradeço pela confiança em mim depositada, por todas as contribuições e ensinamentos, sem os quais não teria sido possível este trabalho.

Agradeço a todos que me oportunizaram acesso ao conhecimento científico e intelectual: à Prof^ª. Dr^ª. Simone Meredith Scheffer-Basso (UPF), ao Prof. Dr. Pedro A. V. Escosteguy (UPF), à Prof^ª. Dr^ª. Nadia Canali Lângaro (UPF), ao Dr. Alfredo do Nascimento Junior (Embrapa Trigo), à Prof^ª Me. Charise Bertol (UPF), à Prof. Dr.^a Cerci Maria Carneiro (UPF) e ao Prof Dr. Romualdo Fukushima (USP).

A todos que me auxiliaram durante a execução dos experimentos: ao Programa de Pesquisa de Aveia da UPF, em nome de Joelson Karlinski, Lucas Saurin, Charlei Marcynski, Lucas Pedron e Ricardo Vivan; aos funcionários do Laboratório de Solos/FAMV/UPF, em nome de Volnei de Moura Fão; ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo/UPF, em nome de Juliana Hanel, Jaqueline Camera e Nêmora Garcia; à Eng. Agr. Kassiana Kehl da Fundação Pró-

Sementes; ao Laboratório de Lignina/USP, em nome de Marcos Felipe Zuñiga e Pedro Pacheco; aos funcionários do ICB e da Faculdade de Farmácia da UPF e ao Laboratório de Físico-Química do CEPA/UPF.

Agradeço a todos os colegas que passaram pelo Laboratório Multidisciplinar Vegetal que de alguma forma colaboraram para a execução deste trabalho, em especial à Adriana Favaretto, Jossana Santos, Francis Fiorentin, Ariel Mühl, Tanise Gazola e Geana Weber. A todos vocês agradeço por me fazerem enxergar que acima da persistência, trabalho e dedicação está a amizade entre as pessoas.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (Fapergs), pela bolsa concedida através da aprovação do projeto pelo Edital Fapergs/Capes 015/2012.

Ao PPGAgro por toda a formação durante esses anos de estudo, pela competência da equipe docente e administrativa. Obrigada pela possibilidade da bolsa de estudos e pela oportunidade de aprendizado em uma instituição comprometida com a qualidade do ensino. Agradeço à Prof^a. Dr^a. Eunice Calvete pela ajuda e pelo apoio, de valor inestimável.

À empresa Agroalpha, em nome de Rui Colvara Rosinha por todo apoio prestado.

Meu agradecimento final direciona-se ao querido Dr. João Francisco Sartori (*in memoriam*), pessoa que incentivou e acreditou neste projeto, que apoiou e acompanhou as primeiras análises, que passou por nossas vidas deixando muitos ensinamentos e saudades.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	17
ABSTRACT	19
1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1 Aveia-preta: generalidades.....	26
2.2 O melhoramento da aveia-preta no Brasil.....	29
2.3 Valor forrageiro e de cobertura de solo da aveia-preta.....	33
2.3.1 Valor como planta forrageira.....	33
2.3.2 Valor como planta de cobertura do solo.....	39
2.4 Caracterização e avaliação do germoplasma de aveia-preta.....	43
2.4.1 Caracterização morfológica.....	45
2.4.2 Caracterização anatômica.....	46
2.4.3 Caracterização química.....	48
CAPÍTULO I	52
RESUMO	52
ABSTRACT	53
1 INTRODUÇÃO	54
2 MATERIAL E MÉTODOS	57
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4 CONCLUSÕES	83
CAPÍTULO II	84
RESUMO	84
ABSTRACT	85
1 INTRODUÇÃO	86
2 MATERIAL E MÉTODOS	88
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
4 CONCLUSÕES	108
CAPÍTULO III	110
RESUMO	110
ABSTRACT	111
1 INTRODUÇÃO	112
2 MATERIAIS E MÉTODOS	114
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	120
4 CONCLUSÕES	134
CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
REFERÊNCIAS	137
ANEXOS	159

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1	Caracteres bromatológicos e produtividade de massa seca (MS) dos genótipos de aveias forrageiras de 2006 a 2013, em todos os locais da rede de ensaios da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (CBPA).....
	38

CAPÍTULO I - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E MINERALIZAÇÃO DO CARBONO DE AVEIA-PRETA COMO CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE GENÓTIPOS PARA FINS DE COBERTURA DO SOLO

Tabela	Página
1	Atributos físico-químicos do solo utilizado para o cultivo de genótipos de aveia-preta na Universidade de Passo Fundo, 2014.....
	59
2	Avaliações quanto à composição química (%MS) e à mineralização de C (%C) avaliados nos genótipos de aveia-preta.....
	61
3	Produtividade de massa verde (MV), massa seca (MS) e de carbono (C), e relação carbono/nitrogênio (C/N) de genótipos de aveia-preta no estágio de florescimento pleno.....
	64
4	Percentual de carbono mineralizado da biomassa de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno, entre o 17º e o 62º dia de incubação.....
	69
5	Atributos químicos da biomassa de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno.....
	71
6	Coeficientes de correlação simples entre caracteres químicos, de alocação de biomassa e índice de qualidade de biomassa de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno.....
	79
7	Contribuição relativa de caracteres de genótipos de aveia-preta, colhidos em estágio de florescimento pleno, pelo método de Singh (1981).....
	81

Tabela		Página
8	Matriz de dissimilaridade entre genótipos de aveia-preta, colhidos no estágio de florescimento pleno, com base na distância de Mahalanobis.....	81
9	Grupos formados pelo dendrograma de dissimilaridade obtido pelo método de Ward, a partir da distância generalizada de Mahalanobis entre genótipos de aveia-preta, colhidos no estágio de florescimento pleno, agrupados com base na produtividade de massa verde (MV) e massa seca (MS), produtividade de carbono (C), proporção de inflorescência na biomassa (I), teor de ácido ferúlico (AF), relação lignina/nitrogênio (L/N) e proporção de carbono mineralizado da biomassa (CM).....	82

CAPÍTULO II - VARIABILIDADE EM GENÓTIPOS DE AVEIA-PRETA QUANTO À APTIDÃO PARA COBERTURA DE SOLO COM BASE EM CARACTERES AGRONÔMICOS, QUÍMICOS E MORFOLÓGICOS

Tabela		Página
1	Atributos físico-químicos do solo utilizado para o cultivo de genótipos de aveia-preta na Universidade de Passo Fundo, 2015.....	90
2	Avaliações quanto à composição química (% MS) avaliadas nos genótipos de aveia-preta.....	92
3	Ciclo de genótipos de aveia-preta por ocasião do corte em estágio de florescimento pleno.....	94
4	Coefficientes de correlação simples entre caracteres agronômicos e químicos e o índice de qualidade de biomassa (IQB) de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno.....	102
5	Análise dos componentes principais (CP) de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno associados a caracteres referentes às diferenças entre genótipos, mostrando os autovalores e o percentual da variação associada aos dois primeiros eixos e os autovetores dos caracteres para cada eixo.....	103

Tabela		Página
6	Matriz de distâncias de Mahalanobis entre genótipos de aveia-preta, colhidos no estágio de florescimento pleno, com base na massa verde, massa seca, proporção de inflorescência, colmo e folhas, teor de parede celular e de lignina.....	106
7	Grupos formados pelo dendrograma de dissimilaridade obtido pelo método de Ward, a partir da distância generalizada de Mahalanobis entre genótipos de aveia-preta, colhidos no estágio de florescimento pleno, com base na produtividade de massa verde (MV) e massa seca (MS), proporção de inflorescência (I), colmo (C) e folhas (F), teor de parede celular (PC) e de lignina (L).....	107

CAPÍTULO III – VARIABILIDADE EM GENÓTIPOS DE AVEIA-PRETA COM BASE EM CARACTERES ASSOCIADOS AO VALOR FORRAGEIRO

Tabela		Página
1	Atributos físico-químicos do solo utilizado para o cultivo de genótipos de aveia-preta. Passo Fundo, 2014 e 2015.....	116
2	Cronograma e intervalos entre cortes de genótipos de aveia-preta. Passo Fundo, 2015.....	121
3	Alocação de biomassa em folhas e colmos de genótipos de aveia-preta colhidos no 4º corte do ensaio de avaliação forrageira. Passo Fundo, 2015..	123
4	Atributos bromatológicos de genótipos de aveia-preta, em quatro cortes forrageiros, Passo Fundo, 2014.....	125
5	Coefficientes de correlação entre atributos Agronômicos e bromatológicos de genótipos de aveia-preta manejados sob cortes. Passo Fundo, 2015.....	127
6	Contribuição relativa de caracteres para divergência genética (SINGH, 1981) de genótipos de aveia-preta manejados sob cortes.....	128
7	Matriz de dissimilaridade entre genótipos de aveia-preta relacionada à aptidão para fins forrageiros com base na distância de Mahalanobis.....	129

Tabela		Página
8	Grupos formados pelo dendrograma de dissimilaridade obtido pelo método de Ward, a partir da distância generalizada de Mahalanobis entre genótipos de aveia-preta.....	130
9	Organização histológica da lâmina foliar de genótipos de aveia-preta em estágio de alongamento.....	131

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E MINERALIZAÇÃO DO CARBONO DE AVEIA-PRETA COMO CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE GENÓTIPOS PARA FINS DE COBERTURA DO SOLO

Figura	Página
1	58
2	58
3	66
4	67
5	68
6	74
7	75
8	82

CAPÍTULO II – VARIABILIDADE EM GENÓTIPOS DE AVEIA-PRETA QUANTO À APTIDÃO PARA COBERTURA DE SOLO COM BASE EM CARACTERES AGRONÔMICOS, QUÍMICOS E MORFOLÓGICOS

Figura		Página
1	Temperaturas médias ocorridas no período experimental e normais regionais (NR).....	89
2	Precipitação pluvial mensal ocorrida no período experimental e normais regionais (NR).....	89
3	Produtividade de massa verde (MV) e massa seca (MS) ($t\ ha^{-1}$) de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno.....	95
4	Proporção (%) de colmo, folha e inflorescências na massa seca de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno.....	96
5	Teor (%) de parede celular e lignina de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno.....	98
6	Índice de qualidade de biomassa de genótipos de aveia-preta colhidas no estágio de florescimento pleno.....	100
7	Dispersão gráfica de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno, obtida a partir da análise de componentes principais (CP1 x CP2) com base na massa verde, massa seca, proporção de inflorescência, colmo e folhas, teor de parede celular e de lignina.....	105
8	Dendrograma de dissimilaridade obtido pelo método de Ward, a partir da distância generalizada de Mahalanobis entre genótipos de aveia-preta, colhidos no estágio de florescimento pleno, com base na produtividade de massa verde, massa seca, proporção de inflorescência, colmo e folhas, teor de parede celular e de lignina.....	106

**CAPÍTULO III - VARIABILIDADE EM GENÓTIPOS DE
AVEIA-PRETA COM BASE EM CARACTERES
ASSOCIADOS AO VALOR FORRAGEIRO**

Figura		Página
1	Temperaturas médias ocorridas no período experimental e normais regionais (NR).....	115
2	Precipitação pluvial mensal ocorrida no período experimental e normais regionais (NR).....	115
3	Produtividade de massa verde total (t ha ⁻¹) de genótipos de aveia-preta, manejados sob cortes.....	122
4	Dendrograma de dissimilaridade de genótipos de aveia-preta, obtido pelo método de Ward, a partir da distância generalizada de Mahalanobis com base na produtividade de matéria verde, altura, proporção de folhas e colmos, teor de proteína bruta, fibra insolúvel em detergente neutro, fibra insolúvel em detergente ácido, digestibilidade in vitro da massa seca e nutrientes digestíveis totais.....	130
5	Organização histológica da lâmina foliar de genótipos de aveia-preta em estágio de alongamento.....	133

**VARIABILIDADE EM GENÓTIPOS DE AVEIA-PRETA
QUANTO A CARACTERES RELACIONADOS À APTIDÃO
FORRAGEIRA OU COBERTURA**

SÍLVIA ORTIZ CHINI¹

RESUMO – A aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) é cultivada para cobertura do solo e produção de palha, no sistema de plantio direto, antecedendo as culturas de verão, e para produção de forragem. No entanto, ainda não faz parte do protocolo dos programas de melhoramento, nem é requisito para registro e proteção de genótipos, avaliações que remetam à classificação dos genótipos quanto à principal aptidão. Isso dificulta para os agricultores, a escolha daquela que mais lhe convém, dada à finalidade do cultivo. Este trabalho teve como objetivo verificar se há variabilidade em germoplasma de aveia-preta quanto a caracteres vinculados ao valor forrageiro e de cobertura do solo, a fim de subsidiar os programas de melhoramento e a classificação dos genótipos quanto à aptidão. Para isso, foram testados seis cultivares (Agro Coxilha, Agro Planalto, Agro Zebu, Agro Quaraí, Iapar 61(Ibiporã) e UPFA 21 - Moreninha) e uma linhagem (Alpha 08626). Os ensaios foram conduzidos no campo, em 2014 e 2015, em delineamento experimental completamente casualizado, com três repetições. Foram avaliados caracteres agronômicos, químicos, morfológicos, bromatológicos e anatômicos analisados por meio de análise de variância e análise multivariada. Os genótipos divergiram quanto ao ciclo, à produtividade e alocação da biomassa aérea (matéria

1. Bióloga, Mestre em Agronomia e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF.

verde e seca), teor de lignina (L), parede celular (PC), relação L/N e mineralização de carbono (C), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), proporção de mesofilo, epiderme e células buliformes na lâmina foliar. Para aptidão cobertura de solo, houve correlação negativa entre mineralização de C e relação L/N; entre índice de qualidade da biomassa (IQB) e teor de L e PC. Enquanto que para a aptidão forrageira, a relação folha/colmo correlacionou-se negativamente com FDN e FDA e positivamente com PB, digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) e nutrientes digestíveis totais (NDT). Observou-se variabilidade no germoplasma de aveia-preta para ambas aptidões, ilustrada pelo dendrograma de dissimilaridade obtido pelo método de Ward, a partir da distância generalizada de Mahalanobis. Através da menor mineralização de C, indicativa da menor degradabilidade da biomassa, os genótipos Agro Zebu, Iapar 61(Ibiporã) e UPFA 21 - Moreninha destacam-se pelo maior potencial para uso como cobertura do solo. A cv. Iapar 61(Ibiporã) reuniu também os melhores indicadores relacionados ao valor forrageiro, como ciclo longo, elevada produção de massa seca e dos atributos vinculados ao valor nutritivo. A mineralização de C e a relação L/N são importantes características para seleção de aveia-preta como cobertura do solo, enquanto a relação folha/colmo e o teor de FDN são para aptidão forrageira. Sugere-se que a produtividade de matéria seca, o ciclo, e a alocação de biomassa, caracteres tradicionalmente avaliados para a classificação de genótipos, devam continuar entre os caracteres utilizados para seleções, como forma de elevar o grau de distinção entre materiais.

Palavras-chave: *Avena strigosa*, composição química, decomposição de palhada, qualidade de cobertura do solo, valor nutritivo.

**VARIABILITY OF CHARACTERS RELATED TO FORAGE
APTITUDE OR SOIL COVERAGE IN BLACK OAT
GENOTYPES**

ABSTRACT - Black oat (*Avena strigosa* Schreb.) is cultivated for soil coverage and straw production in no-tillage systems, before the summer crops, and as forage production. However, it is not yet part of the breeding program protocol, nor is the registration and protection of genotypes a requirement, evaluations that refer to the genotypes classification as the main aptitude. This makes it difficult for farmers to choose the genotype that best suits their purpose for cultivation. The objective of the presente study was to verify the presence of variability in black oat germplasm with respect to forage value and soil coverage, in order to facilitate breeding programs and genotype classification for aptitude. For this, six cultivars (Agro Coxilha, Agro Planalto, Agro Zebu, Agro Quaraí, Iapar 61 (Ibiporã) and UPFA 21 - Moreninha) and one lineage (Alpha 08626) were tested. The trials were conducted in the field, in 2014 and 2015, in a completely randomized design with three replicates. Agronomic, chemical, morphological, bromatological, and anatomical characters were analyzed by means of variance and multivariate analyses. Genotypes differed on the cycle, biomass productivity and allocation (fresh and dry matter), lignin content (L), cell wall (PC), lignin/nitrogen ratio (L/N) and carbon mineralization

(C), crude protein (CP), neutral detergent insoluble fiber (NDF), acid detergent insoluble fiber (ADF), the proportion of mesophyll, epidermis and buliform cells in the leaf blade. With respect to capability for soil coverage there was a negative correlation between C mineralization and L/N ratio and between biomass quality index (BQI) and content of L and PC. With respect to forage fitness, leaf/stem ratio was negatively correlated with NDF and ADF and positively with CP in vitro digestibility of dry matter (IVDDM), and total digestible nutrients (TDN). Variability in black oat germplasm was observed for capability for soil coverage and forage fitness, illustrated by the dissimilarity dendrogram obtained by the Ward method, from the Mahalanobis generalized distance. Owing to the lower C mineralization, indicative of lower biomass degradability, the genotypes Agro Zebu, Iapar 61 (Ibiporã) and UPFA 21 - Moreninha are likely to have greater potential for use as soil coverage. The Iapar 61 (Ibiporã) also exhibited indicators of good forage value, such as long cycle, high dry mass production, and attributes related to nutritional value. C mineralization and L/N ratio are important traits for soil coverage, while leaf/stem ratio and NDF content are important for forage aptitude. It is suggested that the dry matter yield, the cycle, and the biomass allocation, traits traditionally evaluated for genotype classification, should continue to be used for selection, as a way of increasing the distinction between materials.

Key words: *Avena strigosa*, chemical composition, nutritive value, soil coverage quality, straw decomposition.

INTRODUÇÃO

A aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) é utilizada, principalmente, como cobertura de solo, para a produção de palha para o sistema de plantio direto (SPD). No entanto, é uma das mais valiosas gramíneas anuais de inverno para formação de pastagens, com vistas à produção de forragem verde ou feno.

Os programas de melhoramento de aveia (*Avena* L.) no Brasil promoveram avanços consideráveis para aveia-branca (*Avena sativa* L.), o que não ocorreu com aveia-preta. Para essa espécie, os trabalhos de melhoramento estão em fase inicial, porém, promissora, dada a importância dessa gramínea no sistema de plantio direto, tendo em vista a redução das plantas daninhas que sua cobertura promove, melhoria na qualidade do solo, etc.

Com a promulgação da Lei de Proteção de Cultivares, em 1997, o mercado de aveia-preta teve maior visibilidade pelas instituições de pesquisa, pois a lei trouxe proteção intelectual dos direitos de criação do pesquisador, o que propiciou o aumento do número de genótipos indicadas para plantio com registro junto ao RNC-MAPA (SARTORI, 2016). Até sua promulgação, costumeiramente, utilizava-se a “aveia-preta comum”, de populações heterogêneas, sem identidade genética, com elevada desuniformidade quanto ao ciclo, altura, produção de massa seca e resistência a moléstias (SILVEIRA et al., 2010). O cultivo e distribuição de aveia-preta comum caracterizavam-se, principalmente, pelo consumo de “semente salva”, produzida em volumes consideráveis sem obedecer à legislação para a produção de sementes, o que permitia ser comercializada a preços muito

aquém daqueles praticados com sementes certificadas (SARTORI, 2016).

A partir de 2010, a produção de sementes de aveia-preta foi normatizada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2010) e a partir de 2012 a multiplicação a partir de sementes de categoria S2 foi regulamentada (BRASIL, 2012). Isso deu início a um processo de estruturação para a produção de semente de genótipos de aveia-preta, com aumento da demanda por sementes. Assim, houveram melhores expectativas para a cadeia produtiva da aveia-preta no Brasil e promoveu o desenvolvimento de novos genótipos. Empresas públicas ou privadas que não investiam em pesquisa com a aveia-preta foram, assim, estimuladas para tal finalidade.

Apesar da pequena expressão no setor de melhoramento, a aveia-preta possui uma área cultivada superior a cinco milhões de hectares (FEDERIZZI et al., 2014), uma vez que, além de forrageira, é cultivada para formação de palhada no sistema de plantio direto. Até janeiro de 2017, apenas dez cultivares de aveia-preta são protegidas e quatorze são registradas (BRASIL, 2017).

A seleção de linhagens de aveia-preta é executada com base nas recomendações da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (LÂNGARO & CARVALHO, 2014), que leva em consideração apenas a produtividade de massa seca dos materiais. Devido à variabilidade presente na “aveia-preta-comum”, as cultivares ora protegidas são, na sua maioria, oriundas de seleção massal, que direcionou as plantas com caracteres de interesse para gerações seguintes.

O Registro Nacional de genótipos não exige do melhorista a categorização do uso de determinada cultivar. Para o registro de

genótipos, é necessária apenas a descrição baseada em caracteres morfológicos e fenológicos, os quais permitem avaliar a distinguibilidade, a homogeneidade e a estabilidade dos materiais em registro. Portanto, em nenhum momento, desde o melhoramento até o lançamento da cultivar é feita a diferenciação entre aveia-preta para fins forrageiros e para cobertura.

A existência da categorização de genótipos quanto à principal aptidão poderia suprir a carência de informações sobre os materiais disponíveis no mercado e agregar valor a eles. Para isso são necessárias informações sobre os caracteres que têm relevante importância na expressão das distintas aptidões. Essas informações poderiam auxiliar a totalidade da cadeia produtiva da espécie, incluindo o melhorista ou obtentor da cultivar, o multiplicador e o produtor rural.

Para o melhorista, o benefício estaria na seleção precoce de materiais, o que por sua vez, poderia acelerar o processo de lançamento de um novo material. Para os obtentores e multiplicadores haveria, ainda, o ganho da agregação de valor ao produto final de comercialização: a semente. Além disso, os técnicos teriam maior garantia para recomendar a cultivar de acordo com a finalidade de cultivo, o que facilitaria, também, ao comércio varejista. Já, para o produtor rural, o benefício estaria na segurança durante a tomada de decisão em semear um material com recomendação de uso, com características conhecidas e desempenho reconhecido para a finalidade, a qual deseja. Informações sobre os aspectos relevantes de uma cultivar de aveia-preta específica para fins forrageiros e para fins de cobertura são primordiais para um planejamento adequado de plantio e colheita pelo produtor. Os grandes benefícios desse sistema seriam a

padronização da informação durante os processos de seleção e melhoramento, a segurança da recomendação por parte do comerciante e segurança de uso e desempenho por parte do produtor.

Dessa forma verifica-se que há uma lacuna no processo de melhoramento e, por conseguinte, de registro. Os materiais de aveia-preta não são avaliados e, conseqüentemente, classificados, quanto à aptidão. É possível que determinados genótipos tenham especial valor forrageiro, em detrimento do valor de cobertura, e vice-versa, ou que existam materiais com elevado valor para ambos os propósitos. Desconhece-se o verdadeiro potencial de uso dos genótipos, pois não existem ferramentas de categorização destes materiais durante os processos de melhoramento e registro.

A caracterização de genótipos de aveia-preta, para a finalidade forrageira e para cobertura do solo requer a escolha de variáveis que identifiquem as diferenças no germoplasma e que permitam a seleção dos materiais. Para ser utilizada como cobertura do solo, o tempo de permanência de resíduos de aveia-preta sobre o solo deve ser mais prolongado, e isso é determinado pelas condições ambientais e, principalmente, pelas características químicas e físicas do material vegetal. Materiais que tenham alta produção de biomassa e elevada relação carbono/nitrogênio (C/N) e elevado teor de compostos recalcitrantes, provavelmente, possuirão menor velocidade de decomposição, o que ampliará o período de permanência sobre o solo.

A correlação positiva entre o teor de lignina das plantas e a relação C/N é um dos fatores que afetam a velocidade de decomposição. Para ser utilizada como forragem a qualidade nutricional, a produtividade de biomassa, o vigor de rebrote e a baixa relação C/N são

características determinantes para o sucesso do material. Além disso, as características anatômicas, como percentual de mesofilo, e características químicas e bromatológicas, como o teor de polifenóis e fibras, afetam o consumo pelo animal. Tais características podem variar conforme o genótipo e determinam a maior ou menor aptidão para uso forrageiro ou como cobertura do solo.

Diante disso, este estudo testou a hipótese de que há variabilidade em germoplasma de aveia-preta quanto à aptidão forrageira e/ou de cobertura do solo, com base em caracteres funcionais relativos a esse tipo de utilização.

Assim, o objetivo geral do trabalho foi avaliar se há variabilidade entre as cultivares Agro Coxilha, Agro Planalto, Agro Zebu, Agro Quaraí, Iapar 61(Ibiporã) e UPFA 21 - Moreninha e a linhagem Alpha 08626 quanto a caracteres relacionados à aptidão forrageira ou cobertura do solo.

Os objetivos específicos foram:

- a) avaliar se os genótipos exibem variabilidade quanto à produtividade, degradabilidade e composição química da biomassa no estágio de florescimento pleno;
- b) verificar se os genótipos diferem quanto aos caracteres agrônômicos, bromatológicos e anatômicos vinculados ao valor forrageiro como produtividade, alocação e valor nutritivo da forragem e proporção de tecidos no limbo foliar;
- c) verificar qual o grau de correlação entre caracteres associados à aptidão para cobertura do solo e valor forrageiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aveia-preta: generalidades

A aveia-preta é uma gramínea anual, de origem mediterrânica ocidental, com seu centro de diversidade localizado no noroeste dos Pirineus, na Península Ibérica (Espanha e Portugal) (FREY, 1991). Cresce em uma ampla variedade de solos, é bem adaptada a solos argilosos, tolera solos ácidos e com baixo pH variando 4,5-8,6, apresentando alguma tolerância a salinidade. Desenvolve-se geralmente em climas frescos e úmidos, em temperaturas que variam entre 5 °C e 26 °C e em regiões com precipitação de mais de 500 mm (ASSEFA, 2006; SUTTIE & REYNOLDS, 2004; STEVENS, 2004).

É uma planta utilizada de várias formas: como forragem verde ou conservada, feno, cobertura do solo e produção de palhada para a realização da semeadura direta de culturas de verão (RANGEL et al., 2002; SUTTIE & REYNOLDS, 2004). Além disso, devido à atividade alelopática, pode ainda auxiliar no controle de plantas daninhas, e uma vez que não é suscetível às principais doenças de raízes de trigo (*Tritium aestivum* L.) e cevada (*Hordeum vulgare* L.), é utilizada para rotação de culturas (SUTTIE & REYNOLDS, 2004). As regiões de utilização da aveia-preta são diferentes em termos de ambiente, de uso das culturas, da área cultivada com a espécie (SUTTIE & REYNOLDS, 2004).

O cultivo de aveia-preta deu-se preferencialmente pela produção de forragem, seja isolada ou associada a outras forrageiras (FLOSS, 1988), pastoreada ou colhida como forragem verde para conservação na forma de feno ou silagem (FLOSS et al., 2007). A

viabilidade da aveia-preta como cultivo de inverno deve-se aos altos valor nutritivo, potencial produtivo (AGUINAGA et al., 2008) e qualidade no período hibernal, principalmente quando semeada precocemente (FONTANELI et al., 2009), longevidade de ciclo (FERRAZZA et al., 2013), além de rápido crescimento inicial. A aveia-preta tem por principais características a rusticidade, a boa adaptabilidade a solos pouco férteis e o crescimento vigoroso, o que faz ser considerada uma forragem de elevada qualidade (FONTANELI et al., 2009).

A inserção da aveia-preta nos sistemas de produção agrícolas criou uma nova visão sobre a espécie, pois passou a ser utilizada tanto em pequenas propriedades, quanto em propriedades com sistemas mecanizados, tornando-se uma espécie economicamente interessante aos produtores e pesquisadores. A disponibilidade de novos genótipos melhor adaptadas ao pastejo e corte, alteraram a distribuição mundial de aveia, que além de zonas temperadas, passou a ser utilizada em zonas subtropicais (SUTTIE & REYNOLDS, 2004).

No entanto, as áreas cultivadas com aveia-preta, tanto para produção de forragem, quanto para cobertura de solo, não são acompanhadas por meio de levantamentos estatísticos. Essa limitação subestima a verdadeira importância cultural e econômica da aveia-preta no mundo.

O uso da aveia-preta no mundo diminuiu drasticamente a partir da introdução da aveia-branca, que por meio dos maiores rendimentos de grãos e utilização para alimentação humana, passou a ter maior interesse econômico em detrimento da aveia-preta (SUTTIE & REYNOLDS, 2004). No entanto, a área cultivada com aveia-preta

voltou a aumentar, pois é a principal espécie utilizada para o sistema de rotação de culturas em sistema de plantio direto (FEDERIZZI & MUNDSTOCK, 2004). Dessa forma, possui uma grande significância econômica na América do Sul e na Austrália (SUTTIE & REYNOLDS, 2004; KUBIAK, 2009), regiões nas quais o forrageamento dos animais e a conservação de solos são de extrema importância. Na América do Sul é utilizada especialmente como cobertura de inverno em áreas temperadas da Argentina e do Uruguai, na área temperada do Chile, e nas áreas de maior altitude na Bolívia, Equador e Peru (SUTTIE & REYNOLDS, 2004, SILVEIRA et al., 2010).

Na Europa, a sua importância econômica é insignificante e nas suas áreas de ocorrência é considerada uma planta daninha de cereais de inverno ou uma planta ruderal. A maior área de cultivo remanescente localiza-se nas Ilhas Ocidentais da Escócia (KUBIAK, 2009), onde a cultura é consorciada com centeio (*Secale cereale* L.) e cevada, como estratégia agrícola para garantir o rendimento dessas culturas em ambientes inóspitos. Essas ilhas possuem solos de baixas a altas alcalinidades, o que torna favorável o cultivo da aveia-preta graças à sua adaptação às condições de crescimento em áreas de baixa fertilidade (SCOTTISH LANDRACE, 2016). Além dessas regiões, é cultivada no Canadá, Europa, Nova Zelândia (STEVENS, 2004) e Estados Unidos (Havaí e Arizona) (USDA, 2016) para a produção de alimento verde e/ou feno.

No Brasil, a partir do engajamento dos produtores ao SPD e do desestímulo ao cultivo do trigo, a inserção da aveia nos sistemas produtivos ocasionou um aumento excessivo da área de plantio da espécie (RANGEL et al., 2002). A área de cultivo concentra-se,

principalmente, nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. A estacionalidade produtiva, durante o período outono-inverno na região sul do Brasil, é considerada o principal gargalo para a produção pecuária nacional. A utilização de cereais de inverno de duplo propósito no sistema de integração lavoura-pecuária possibilita a obtenção de alta produtividade animal e de grãos por meio da rotação (ASSMANN, 2002), e pode se constituir em uma importante ferramenta de diversificação de atividades e composição da renda da propriedade (BORTOLINI et al., 2005). Nesse contexto surge a utilização da aveia-preta como forragem de inverno, suprimindo a deficiência outono-hipernal dos campos nativos e constituindo-se em uma alternativa técnica e economicamente viável (CECATO et al., 2008; DEMÉTRIO et al., 2012) para suplementação de forragem de boa qualidade com significativa produtividade de matéria seca (ALVIM, 1989).

O cenário do mercado de aveia-preta vem mudando no país, exibindo uma ampliação da área de cultivo, com um deslocamento de produção do cereal em sentido norte, em estados como Mato Grosso do Sul (IGNACZAK et al., 2007), Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Distrito Federal e Mato Grosso (DE MORI et al., 2012).

2.2 O melhoramento da aveia-preta no Brasil

O processo de desenvolvimento de genótipos é uma das atividades mais relevantes da pesquisa agropecuária brasileira, e teve seu equilíbrio modificado a partir de alguns eventos como a aprovação da legislação de proteção à propriedade intelectual (CASTRO, 2002). A partir disso, as empresas iniciaram os processos de registros para a

proteção de genótipos de diversas culturas, mediante o cumprimento de protocolos de ensaios e de descrição morfológica, de acordo com os descritores da espécie.

Diante da crescente importância da aveia no mercado, muitas empresas brasileiras estão envolvidas no processo de desenvolvimento de aveias-pretas como: Cooperativa Central Gaúcha LTDA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Trigo), Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Fundação ABC para Pesquisa e Divulgação Técnica Agropecuária, Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Universidade de Passo Fundo (UPF), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC Lages), Universidade Federal de Pelotas, Universidade Federal de Santa Maria, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (DEAg/UNIJUÍ), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR Pato Branco) (LÂNGARO & CARVALHO, 2014).

Além dessas, empresas privadas desenvolvem programas de melhoramento da espécie como a Agroalpha, em parceria com a Fundação Pró-Sementes de Apoio à Pesquisa e a Gaúcha Melhoramento e Avanço em Genética LTDA (BRASIL, 2017).

A aveia-preta mais difundida no Brasil era a “preta-comum”, populações heterogêneas de plantas, em razão de sua adaptação e facilidade de produção de sementes pelo próprio agricultor (RANGEL et al., 2002). Essas populações exibiam variabilidade e desuniformidade quanto aos caracteres de ciclo vegetativo, estatura de plantas, potencial de produtividade de forragem e resistência a moléstias. Dessa forma, a maioria dos programas de melhoramento

iniciou com a coleta de germoplasma em diversas regiões, nas quais a “preta-comum” era cultivada, e a partir dessas populações eram feitas seleções de indivíduos com caracteres Agronômicos chave (SILVEIRA et al., 2010).

A partir desses indivíduos eram realizadas hibridações e seleções massais da população F₁, com seleção negativa de plantas, eliminando genótipos indesejáveis, nas gerações F₂, F₃, F₄ e F₅, e mistura dos selecionados, para formar nova massa a ser novamente selecionada nas gerações subsequentes (Informação Verbal)¹.

Alguns trabalhos desenvolveram linhagens por meio de seleções em progênies, a partir de indivíduos submetidos à hibridação artificial e mutações induzidas (SILVEIRA, 2009). A partir dessa metodologia, em 2003 foi lançada a primeira cultivar de aveia-preta do Brasil (Agro Zebu) pela Agroalpha, junto ao Registro Nacional de cultivares (RNC), com proteção no Serviço Nacional de Proteção de cultivares (SNPC) (BRASIL, 2017).

Até janeiro de 2017, quatorze cultivares estão registradas junto ao RNC e no SNPC: seis da Agroalpha/Fundação Pró-Sementes (Agro Coxilha, Agro Esteio, Agro Ijuí, Agro Planalto, Agro Quaraí, Agro Zebu), três da Embrapa (Embrapa 139, Embrapa 140 e Embrapa 29 (Garoa)), duas da GMax (GMX Bagual, GMX Picasso), duas do Iapar (Iapar 61(Ibiporã) e IPR Cabocla) e uma da UPF (UPFA 21 - Moreninha). Estão protegidas dez cultivares: seis da Agroalpha (Agro Coxilha, Agro Ijuí, Agro Planalto, Agro Quaraí, Agro Zebu, Agro

¹ Informação fornecida por João Francisco Sartori (*in memoriam*), Melhorista da empresa Agroalpha.

Redentora), uma da Fundação Pró-Sementes (Agro Esteio), duas da GMax (GMX Bagual, GMX Picasso) e uma do Iapar (IPR Cabocla) (BRASIL, 2017).

A diferença entre registro e proteção está na possibilidade de disposição dos direitos referentes à cultivar pelo seu obtentor, uma vez que para ser comercializada ela precisa estar registrada no RNC. Já, para o obtentor receber e cobrar os *royalties* do licenciamento, a cultivar deve estar protegida no SNPC (BRASIL, 2017).

A inscrição de nova cultivar de aveia-preta no RNC deve ser feita mediante a submissão do formulário que contém os resultados dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), que leva em conta características gerais da espécie dividindo-se em sete itens: descritores, características agronômicas, reação a pragas, a adversidades, avaliação da produtividade, da qualidade e informações adicionais (Anexo I). Após análise do pedido de registro, para a proteção é necessária a constatação da distinguibilidade, homogeneidade e a estabilidade (DHE) da nova cultivar, a concessão da proteção é publicada no Diário Oficial da União (DOU) e, assim, é expedido o Certificado Provisório de Proteção (Anexo II). Após noventa dias desta publicação, deve ser entregue ao Ministério da Agricultura amostras vivas da cultivar protegida, para que seja concedido o Certificado Definitivo de Proteção (BRASIL, 2017).

As diversas características de importância agronômica exigidas pelo VCU poderiam ser melhor utilizadas, servindo para a identificação da principal aptidão dos genótipos, o que incrementaria o valor agronômico da espécie. Assim, durante o processo de registro, os genótipos seriam categorizados, direcionando-os para finalidade

fornageira ou para cobertura do solo. Apesar das diversas avaliações exigidas pelo VCU, a maior ênfase no melhoramento da espécie tem sido quanto ao rendimento de matéria seca, característica importante para ambas finalidades, mas que pode não resultar em avanços expressivos para o desenvolvimento de novos genótipos.

A aveia-preta ainda é uma cultura pouco estudada quanto à qualidade de caracteres de interesse e agrupar esses, em um único genótipo, é um dos grandes desafios para os melhoristas. Diante da importância que esta espécie vem adquirindo, são necessários estudos aprofundados para a obtenção de informações que auxiliem o desenvolvimento de novos genótipos com constituições genéticas superiores (SILVEIRA, 2009; SILVEIRA et al., 2010).

2.3 Valor forrageiro e de cobertura de solo da aveia-preta

2.3.1 Valor como planta forrageira

O valor de uma planta como forrageira é acessado por diversos atributos, compreendendo o potencial de produzir forragem após remoção parcial da parte aérea, por corte ou pastejo, valor nutritivo, consumo animal, dentre outros. O potencial de rebrota é a recuperação da área foliar de uma pastagem após cortes sucessivos ou pastejo. A resposta para esse processo depende da proporção de tecido removido, do grau de desfolhamento nas plantas vizinhas e da capacidade fotossintética das folhas restantes (LEMAIRE, 2001). A forma de avaliação desta característica é a quantificação da massa de forragem acumulada entre dois cortes sucessivos, considerando o número de dias entre cortes (CONFORTIN et al., 2010).

Já, o valor nutritivo refere-se ao conjunto formado pela composição química da forragem, sua digestibilidade e a natureza dos produtos de digestão (FONTANELI et al., 2009). Já, a qualidade é o potencial que a forrageira possui de produzir a resposta animal desejada e relaciona-se ao consumo de energia digestível. Isso depende dos constituintes químicos da planta, que são, por sua vez, influenciados pela espécie, estágio de maturidade, parte da planta, fertilidade do solo e temperatura (VAN SOEST, 1994). Dessa forma, para a produção de forragens de elevada qualidade deve levar em conta os fatores relacionados ao consumo e ao valor nutritivo da forragem (MERTENS, 1985).

No estágio vegetativo, os teores de nutrientes digestíveis são maiores do que no estágio reprodutivo, ao contrário do que ocorre para nutrientes recalcitrantes como fibras e lignina. Para aveia-preta, em estágio vegetativo, os valores de proteína bruta (PB) variam entre 15 e 25%, FDN entre 47 e 55% e nutrientes digestíveis totais (NDT) entre 60-70% e FDA entre 23 e 31%. Já quando em início de florescimento estes valores variam entre 11-14% para PB, 53-59% para FDN e 59-63% para NDT e 33-39% para FDA (FONTANELI et al., 2009). Com o passar do ciclo de crescimento há um decréscimo no valor nutritivo e incremento na produtividade de biomassa (SANTOS & FONTANELI, 2006).

Quando manejada sob cortes, a produtividade de biomassa é quantificado entre cortes e a aveia-preta apresenta excelente produtividade de biomassa no primeiro pastejo, baixando a produtividade nos seguintes. O período produtivo de aveia-preta está relacionado principalmente ao período de semeadura, quanto mais

tardia ocorrer a semeadura, menor será a duração do período de produção (LÂNGARO & CARVALHO, 2014). São relatados de três até seis cortes forrageiros para aveia-preta (NORO et al., 2003), com redução do valor nutritivo em relação ao corte anterior (FONTANELI et al., 2009).

O fator determinante para a alteração do valor nutritivo durante o manejo de cortes em forrageiras é o avanço dos estádios de desenvolvimento, considerado o aspecto que melhor relaciona-se ao comportamento dos atributos bromatológicos (BALL et al., 2001; ARZANI et al., 2004). Além disso, entre cortes sucessivos, ocorrem diferenças entre os componentes da produtividade, como caules (C), folhas (F) e inflorescências, cuja proporção está em constante alteração, o que afeta o valor nutritivo (SANTOS & FONTANELI, 2006). A elevação da proporção de caules em detrimento de folhas e a consequente diminuição da relação F/C. Além dos colmos possuírem elevados níveis de fibra quando comparados a folhas (BALL et al., 2001), o progresso dos estádios fenológicos resulta na diminuição dos componentes potencialmente digestíveis (carboidratos solúveis, proteína), no aumento da concentração de parede celular, do teor de lignina, de celulose (JUNG & VOGEL, 1986), de FDA e FDN, o que resulta na redução da digestibilidade tanto de folhas, quanto de colmos (BALL et al., 2001). Esses fatores causam a diminuição do potencial de consumo da forragem pelos animais, pois os componentes fibrosos apresentam maior resistência à degradação, reduzindo a digestibilidade do material (BALL et al., 2001).

A avaliação do valor nutritivo das forragens baseia-se em caracteres bromatológicos, que podem ser avaliados por meio dos

constituintes celulares (Quadro 1). O método tradicional de análise dos caracteres bromatológicos considera que os constituintes das plantas podem ser divididos em conteúdo celular (lipídios, compostos nitrogenados, gorduras, amido e outros compostos solúveis em água) e parede celular (proteína insolúvel, hemicelulose, celulose e lignina) (VAN SOEST, 1994).

Essa metodologia tem sido amplamente utilizada nos laboratórios nacionais; no entanto, é um método demorado e de custo elevado. Como método alternativo, tem-se a espectrometria de reflectância no infravermelho proximal (NIRS), um método potencialmente preciso, não destrutivo e com predição de características nutricionalmente relevantes (FONTANELI et al., 2002).

Quadro 1. Frações analíticas para caracterização bromatológica de forragens

Fração analítica			Constituinte		
Umidade			Água		
Massa seca	Cinza		Minerais e areia		
	Matéria orgânica	FDN ¹	FDA ²	Celulose	
				Lignina	
			N-ligado à fibra e N-danificado pelo calor		
			Hemicelulose	Xilanas, xiloglicanas, β -glicanas, mananas,	
		Componentes solúveis em detergente neutro	Carboidratos solúveis em detergente neutro		Frutose, glucanas, substâncias pécicas
			Proteína bruta		Açúcares, amido, ácidos orgânicos
					NNP (aminoácidos, aminas, ureia)
					Proteína verdadeira degradável
	Extrato etéreo	Ácidos graxos esterificados		Pigmentos e graxas	

1/FDN: Fibra insolúvel em detergente neutro; 2/FDA: Fibra insolúvel em detergente ácido. Fonte: Adaptado de Moore (1994).

Outra característica inerente a plantas forrageiras é o potencial de rebrota. O potencial de rebrota é a recuperação da área

foliar de uma pastagem após cortes sucessivos ou pastejo. A resposta para esse processo depende da proporção de tecido removido, do grau de desfolhamento nas plantas vizinhas e da capacidade fotossintética das folhas restantes (LEMAIRE, 2001). A forma de avaliação desta característica é a quantificação da massa de forragem acumulada entre dois cortes sucessivos, considerando o número de dias entre cortes (CONFORTIN et al., 2010).

Os caracteres anatômicos de gramíneas relacionados às características morfológicas, estruturais e à composição química das plantas também podem influenciar direta ou indiretamente o valor nutritivo, a palatabilidade, o consumo de matéria seca pelos animais e a digestibilidade de gramíneas forrageiras (VAN SOEST, 1994; ARZANI et al., 2004; LEMPP, 2007; BATISTOTI et al., 2012). Essas características, e as associações entre elas, podem afetar a qualidade da forragem, e influenciar diretamente o potencial do genótipo para a aptidão forrageira (BATISTOTI et al., 2012). A relação entre esses aspectos determina a variabilidade do valor forrageiro entre materiais.

Rotineiramente, o protocolo de avaliação de linhagens de aveia-preta com vistas ao lançamento como cultivares recai sobre a produtividade de matéria seca, caracteres bromatológicos e ciclo. Como exemplo, têm-se as recomendações de aveias-pretas forrageiras da CBPA que considera os genótipos Embrapa 29 (Garoa), Embrapa 139, UPFA 21 - Moreninha, IPR Cabocla e Iapar 61(Ibiporã), como indicadas para a produção forrageira (Tabela 1) (LANGARO & CARVALHO, 2014). Dentre elas, o genótipo. Iapar 61(Ibiporã) é uma das únicas de ciclo tardio, com elevado potencial forrageiro e

manutenção de produtividade estacional de até seis cortes (NORO et al., 2003).

Tabela 1. Caracteres bromatológicos e produtividade de massa seca (MS) dos genótipos de aveias forrageiras de 2006 a 2013, em todos os locais da rede de ensaios da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (CBPA)

Cultivar	Caracteres bromatológicos (%)					Produtividade de MS (kg ha ⁻¹)
	PB	FDA	FDN	NDT	DIVMS	
UPFA 21 - Moreninha	22	29	56	64	69	3419
Iapar 61(Ibiporã)	22	29	57	63	71	3746
IPR Cabocla	21	31	56	61	69	2864
Embrapa 139	21	32	53	60	73	2870

PB: Proteína bruta; FDA Fibra insolúvel em detergente ácido; FDN: Fibra insolúvel em detergente neutro, NDT Nutrientes digestíveis totais, DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Fonte: Adaptado de Lângaro & Carvalho (2014).

O percentual de lâminas foliares, colmo e bainha, a composição mineralógica e bromatológica da forragem de aveia-preta mostraram similaridade para os genótipos Agro Zebu e UPFA 21 – Moreninha (MEINERZ et al., 2011). As maiores discrepâncias foram encontradas em relação ao percentual de folhas e colmos do primeiro corte forrageiro, em que Agro Zebu apresentou 69% de folhas e 25% de colmos, enquanto UPFA 21 - Moreninha apresentou 86% de folhas e 7% de colmos. Nos demais cortes os materiais se assemelharam em relação a alocação de biomassa, reduzindo o percentual de folhas e elevando o de colmos até atingir 50% e 30% da biomassa, respectivamente. O valor nutritivo foi similar em todos os cortes, com média de 22% de proteína bruta, 56% de FDN, 26% de FDA e 68% de digestibilidade estimada. Os bons valores desses atributos indicam que os materiais disponíveis no mercado atendem aos requisitos mínimos para ruminantes (MEINERZ et al., 2011). Isso descreve variabilidade entre materiais de aveia-preta quanto ao valor nutritivo e forrageiro.

2.3.2 Valor como planta de cobertura do solo

Plantas de cobertura são espécies cultivadas entre cultivos comerciais, com o objetivo de fornecer palha sobre a superfície do solo, criando um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal, contribuindo para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção das características e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de tal modo que a sua qualidade seja melhorada (ALVARENGA et al., 2011). Plantas de cobertura são utilizadas para diversas finalidades, mas, principalmente, com vistas à proteção de áreas agrícolas em pousio. A expansão do sistema plantio direto permitiu que culturas de cobertura, anteriormente negligenciadas, passassem a ter maior visibilidade para os sistemas de produção.

A inclusão dessa categoria nos sistemas de cultivo possibilitou a melhoria das condições de solo, de suas características físicas, químicas e biológicas. A definição de espécies com elevada produtividade de fitomassa para cobertura do solo é um dos fatores de sucesso do sistema de plantio direto, assim a sustentabilidade da propriedade agrícola está intimamente associada a qualidade de cobertura do solo fornecida pelas culturas (CARVALHO et al., 2008). No sistema de plantio direto os cultivos de cobertura são práticas comuns, principalmente para a produção de palha, pois a manutenção de elevada quantidade de resíduos orgânicos sobre a superfície do solo auxilia no controle da mineralização de C e N orgânico do solo (BLANCO-CANQUI, 2013).

Existem alguns requisitos que devem ser atingidos pelas espécies para que sejam consideradas boas culturas de cobertura. As

plantas devem ser rústicas, de rápido crescimento, ter baixos custos, ser de fácil implantação, estabelecimento e manejo, atuarem como supressoras de plantas daninhas e apresentarem efeito residual favorável sobre as culturas em sucessão (FLORENTÍN et al., 2010). Além disso, devem produzir elevadas quantidades de massa verde e seca de parte aérea e raízes, que, de preferência, apresentem lenta decomposição para a proteção física do solo (MONEGAT, 1991). Por outro lado, em estudos que busquem a liberação de nutrientes para culturas em sucessão, os resíduos culturais na superfície do solo constituem-se como importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização deve ser rápida e intensa (ROSOLEM et al., 2003; MENDONÇA et al., 2015).

A aveia-preta, para cobertura do solo, ocupa a maior parte das áreas agrícolas do Sul do Brasil durante o inverno, estimando-se em torno de 5.000.000 ha (LÂNGARO & CARVALHO, 2014). A aveia-preta possui os melhores indicadores de uma planta de cobertura de qualidade. Essas características referem-se à porcentagem de cobertura do solo no transcorrer do desenvolvimento, à persistência do resíduo sobre o solo e à capacidade de reciclar nutrientes, liberando-os gradativamente para a cultura subsequente, fornecendo palha ao sistema e protegendo o solo contra a erosão (CRUSCIOL et al., 2008).

É, reconhecidamente, o principal cultivo de cobertura utilizado na entressafra das culturas comerciais de verão (SANTI et al., 2003). A preferência pela utilização dessa espécie está relacionada à rapidez de formação de cobertura (DA ROS & AITA, 1996), boa distribuição sobre o solo, persistência prolongada no terreno (ALMEIDA, 1988), facilidade de implantação e de aquisição de

sementes, rusticidade (SÁ, 1996), eficiente reciclagem de N (REEVES, 1994) e ao ciclo adequado aos sistemas rotacionais. A espécie também promove o aumento na produtividade das culturas sucessionais (DERPSCH et al., 1985) e a melhoria da proteção do solo proporcionada por seus resíduos culturais (ARGENTA et al., 2001).

Há variabilidade intraespecífica em aveia-preta quanto a esse propósito. As aveias-pretas apresentam diferenças no ciclo, na produtividade de massa seca, percentual de cobertura do solo no início e final do ciclo, altura, percentual de folhas e colmos (MACHADO, 2000; BEVILAQUA et al., 2001; PRIMAVESI et al., 2006; MEINERZ et al., 2011; LÂNGARO & CARVALHO, 2014).

Porém, a indicação de genótipos para a cobertura de solo é costumeiramente feita com base apenas na produtividade de MS e no ciclo (LÂNGARO & CARVALHO, 2014), que varia de acordo com a cultivar e é um dos atributos que mais influenciam a escolha de genótipos de cobertura pelos produtores (FLORENTÍN et al., 2010). Baseando-se apenas no ciclo de crescimento, os genótipos de ciclo precoce e médio estariam entre os preferenciais para a cobertura do solo para as condições do Sul do Brasil. Os genótipos de aveia de ciclo longo, como Iapar 61 (Ibiporã), apesar de alcançarem alta produtividade de forragem e de palhada, são mais aptos para utilização em sistemas que requerem plantios mais tardios de culturas de verão (DEMÉTRIO et al., 2012).

Outro requisito determinante para o desempenho de cultivos de cobertura é a decomposição dos resíduos culturais. A decomposição dos resíduos culturais é dependente de características químicas da planta, especialmente os teores de nitrogênio (N), carbono

(C) e lignina, e as respectivas relações entre eles (REINERTSEN et al., 1984; TRINSOUTROT et al., 2000). A relação C/N é a principal característica capaz de interferir no processo de decomposição da palhada (SENEVIRATNE, 2000; TRINSOUTROT et al., 2000; CRUSCIOL et al., 2008) e, juntamente, com outros caracteres químicos, como o teor de lignina e a relação lignina/N, determina a qualidade da cobertura vegetal (JOHNSON et al., 2007).

Tais caracteres guardam relação com a morfologia dos caules e a proporção desse componente na biomassa aérea das plantas de cobertura. O caule é o órgão que detém maior teor de tecidos estruturais e, portanto, maior teor de lignina. Assim, plantas que tenham maior proporção de massa seca nesse órgão, em relação à folha, terão degradação mais lenta em relação àquelas com relação inversa.

Uma forma de estimar a decomposição dos resíduos culturais, e conseqüentemente a qualidade da cobertura, é determinar nos resíduos culturais, a velocidade de degradação. Esse caractere pode ser estimado pela técnica de respirometria, quantificando a evolução de C-CO₂ resultante da atividade microbiana sobre os resíduos vegetais em um determinado período de tempo. A respiração dos microorganismos é considerada um dos mais antigos indicadores da atividade microbiana no solo, e devido a oxidação incompleta do tecido metabolizado pelos microorganismos e à síntese de materiais celulares intermediários, durante a decomposição de C, cerca de 60 a 80% desse nutriente é liberado na forma de CO₂. A quantidade de CO₂ evoluído depende das condições ambientais, dos microorganismos envolvidos e, principalmente, do tipo de substrato (STOTZKY, 1965).

A qualidade de cobertura da aveia-preta pode variar conforme o teor de N, lignina, polifenóis, além das relações C/N, lignina/N (TRINSOUTROT et al., 2000; AITA & GIACOMINI, 2003). Dependendo principalmente dos teores de N, lignina/N e relação C/N, o resíduo cultural disponibiliza mais ou menos nutrientes às culturas (AITA & GIACOMINI, 2003; SANTI et al., 2003; CRUSCIOL et al., 2008) e tem efeito nas culturas sucessoras (ARGENTA et al., 2001; SANTI et al., 2003).

Porém, se desconhecem estudos que utilizem a qualidade de cobertura na seleção de aveia-preta atentando para a lacuna existente no melhoramento da aveia-preta para tal propósito.

2.4 Caracterização e avaliação do germoplasma de aveia-preta

A sequência de etapas para o lançamento de genótipos de plantas forrageiras inicia com a aquisição do germoplasma, seguida da caracterização, avaliação preliminar, avaliação da produtividade, pré-lançamento e lançamento (SHULTZE-KRAFT & MANNETJE, 2000).

Na caracterização os acessos são descritos, em geral, por meio de caracteres morfológicos pouco influenciados pelo ambiente (SALOMÃO, 2010). Essas características, avaliadas subjetivamente ou mensuráveis, são denominadas descritores (BIOVERSITY INTERNATIONAL, 2007).

A utilização do germoplasma de uma espécie depende, em grande parte, da avaliação e caracterização da variabilidade genética contida no mesmo (HOSBINO et al., 2002). Para isso, o ideal é que os descritores sejam capazes de discriminar acessos, a fim de evidenciar a

variabilidade genotípica e subsidiar as etapas de seleção e cruzamento em programas de melhoramento genético (DIEDERICHSEN, 2008).

A caracterização do germoplasma é necessária para que o pesquisador defina quais acessos serão incluídos nas etapas de avaliações Agro nômicas, nas quais os materiais serão avaliados em experimentos elaborados, permitindo a obtenção de informações sobre o desempenho dos genótipos em relação aos principais caracteres de interesse (FRANCO & HIDALGO, 2003).

Além da caracterização comumente realizada para finalidade de proteção de genótipos, os acessos podem ser descritos pela avaliação citogenética, molecular, reprodutiva e química. Entretanto, nenhuma avaliação isolada pode oferecer todas as informações necessárias para a caracterização de genótipos.

É interessante utilizar, simultaneamente, diversas categorias de descritores, a fim de obter a maior quantidade de informações sobre as diferenças entre os materiais (KHOUFI et al., 2012). Nos estudos de diversidade genética, são utilizados caracteres morfológicos, bioquímicos, moleculares (CRUZ & CARNEIRO, 2006), químicos (VIEIRA & AGOSTINI-COSTA, 2007) e anatômicos (SCHEFFER-BASSO et al., 2002a; CARNEIRO et al., 2008; GOMES et al., 2011). Essas informações são importantes para a elucidação da variabilidade existente entre os materiais, gerando informações úteis para preservação, uso e melhoramento dos acessos (CRUZ & CARNEIRO, 2006; BERTAN et al., 2006).

2.4.1 Caracterização morfológica

A caracterização morfológica consiste em tomar dados para descrever, identificar e diferenciar acessos de uma mesma espécie baseada em caracteres morfológicos, altamente herdáveis e normalmente controlados por pouco genes. Dentre os vários tipos de caracterização, a morfológica é a primeira realizada no germoplasma e (BURLE & OLIVEIRA, 2010). Esse tipo de caracterização permite o monitoramento da qualidade genética (FRANCO & HIDALGO, 2003) e é o primeiro passo para proteger legalmente uma nova cultivar. Os critérios para utilização dos descritores morfológicos são estabelecidos pela União Internacional para Proteção e Obtenções Vegetais (UPOV) e são utilizados mundialmente.

Na caracterização morfológica é fornecida uma série de informações a respeito da variabilidade genética dos materiais (GUIMARÃES et al., 2007), o que é imprescindível para os programas de melhoramento, pois além de identificar combinações que possam expressar elevada heterose, aumenta a perspectiva de seleção de segregantes superiores, com a potencialização da variabilidade no cruzamento entre genótipos divergentes (BEZERRA NETO et al., 2010).

A caracterização morfológica, utilizada para a proteção de cultivares de aveia no RNC, é descrita pelo MAPA (Anexo 2) e é realizada da mesma maneira para todas as espécies de aveia. Entre as avaliações estão estatura, características da folha, colmo, panícula, gluma e grão (BRASIL, 2010). Estas características, além de poucas, não são capazes de auxiliar para a distinção entre materiais, pois as

aveias apresentam pouca variação entre esses caracteres. A aveia-preta possui padrões morfológicos semelhantes, mas se desconhece a utilização de uma característica em particular para a seleção de cultivares. Apenas a utilização dos descritores em conjunto é capaz de formar grupos de similaridade (TAFERNABERRI JUNIOR, 2010).

A caracterização da variabilidade pode ser feita também por meios de características relacionadas a aspectos de manejo agrônomico e de produção denominadas morfoagronômicas (FRANCO & HIDALGO, 2003). As características morfoagronômicas comumente avaliadas em aveia-preta, e que diferem entre cultivares, são altura, ciclo, produtividade de massa seca, percentual de folhas, comprimento e largura de folhas (TAFERNABERRI JUNIOR, 2010).

2.4.2 Caracterização anatômica

A metodologia de desenvolvimento de cultivares forrageiras envolve várias etapas, requerendo tempo e investimentos. Por esse motivo, os programas de melhoramento utilizam principalmente caracterizações agrônomicas para a seleção inicial de genótipos (GOMES et al., 2011).

Dentro das características morfoagronômicas inclui-se a caracterização anatômica, aspecto importante relacionado ao sucesso da utilização de uma planta como forrageira. Alguns trabalhos já foram desenvolvidos relacionando a caracterização anatômica como subsídio para a caracterização de germoplasma de plantas forrageiras como *Paspalum urvillei* (SCHEFFER-BASSO et al., 2002a), *Bromus auleticus* (CARNEIRO et al., 2008) e *Panicum maximum* (GOMES et al., 2011).

É amplamente reconhecida a relação entre o arranjo dos tecidos da folha ou caule e o valor nutritivo das plantas forrageiras (ALVES DE BRITO et al. 1997,1999, 2003, 2004; PACIULLO et al., 2001; PACIULLO, 2002; BATISTOTI et al., 2012; LAJÚS et al., 2013). A organização histológica de um vegetal influi na sua digestibilidade, sugerindo que distintos tecidos vegetais apresentam diferentes taxas de degradação (AKIN et al., 1973). A proporção e a espessura da parede celular dos tecidos são as características anatômicas que têm maior impacto sobre o valor nutritivo de uma planta forrageira (CARVALHO & PIRES, 2008). Os tecidos formados por células de parede celular espessada são caracterizados pela presença de fibras e fatores antinutricionais como lignina, cutina, celulose, nitrogênio indigestível e sílica (VAN SOEST, 1994), o que causa a baixa digestibilidade e baixa utilização da energia bruta das forragens (CARVALHO & PIRES, 2008).

Em contrapartida, o mesofilo e o floema são tecidos que se relacionam positivamente com a digestibilidade e negativamente com o teor de parede celular (CARVALHO & PIRES, 2008). As células do mesofilo e do floema possuem parede primária delgada e são as células digeridas inicialmente. Estes tipos de células não apresentam incrustação por lignina e são facilmente fragmentadas, sendo rápida e completamente digeridas (PACCIULLO, 2002).

As diferenças anatômicas das plantas e os fatores que afetam a degradação dos tecidos vegetais pelos microrganismos do rúmen podem ser analisados pelas técnicas de microscopia (BARNES et al., 2006). O uso de técnicas microscópicas na avaliação da digestão de forrageiras é uma importante ferramenta que auxilia na elucidação

de fatores que influenciam a sua degradação. Em estudos de microscopia são encontradas diferenças na anatomia da planta que afetam a digestibilidade entre espécies, cultivares e partes da planta (ALVES DE BRITO et al., 1997,1999, 2003, 2004; PACIULLO et al., 2001; PACIULLO, 2002; BATISTOTI et al., 2012; LAJÚS et al., 2014).

As características anatômicas das plantas forrageiras podem ser descritores complementares para a caracterização do germoplasma e para o melhor entendimento da variabilidade temporal do valor nutritivo das pastagens (CARNEIRO et al., 2008).

2.4.3 Caracterização química

A caracterização química é feita pela avaliação dos componentes químicos presentes nas estruturas dos vegetais, que são, principalmente, terpenos, compostos fenólicos e compostos contendo nitrogênio, oriundos de rotas biossintéticas distintas (ALVES et al., 2010).

A caracterização química diferecia-se da composição bromatológica, pois essa considera os vegetais como alimentos e estuda a composição química atrelada ao valor alimentício e calórico baseando em análises do teor de matéria seca (TMS), proteína bruta, extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), FDN, FDA, extrativos não nitrogenados (ENN), matéria mineral ou cinza (MM), digestibilidade da matéria seca (VAN SOEST, 1994).

As plantas podem apresentar variação em sua composição química, que é influenciada principalmente por fatores hereditários, ontogênicos, ligados aos estádios de desenvolvimento e fatores

ambientais (ALVES et al., 2010). Os compostos químicos vegetais, também conhecidos como fitoquímicos, estão associados a diversos usos e funções nos vegetais.

A determinação da diversidade química das espécies ou cultivares pode possibilitar a discriminação dos acessos quanto à presença e concentração de compostos químicos (ALVES et al., 2010). A caracterização de compostos como lignina, parede celular e ácidos fenólicos, que estão relacionados, tanto à degradação de resíduos culturais, quanto à digestibilidade, pode auxiliar a avaliação do potencial dos germoplasmas para usos como cultura de cobertura e forrageira, respectivamente.

A composição química influencia a suscetibilidade do resíduo vegetal à degradação, afetando os processos de mineralização de forma direta ou indireta através da regulação e disponibilidade nutrientes (KIMMINS, 2004, KARBERG et al., 2008). Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos para elucidar as relações existentes entre a qualidade do resíduo e a decomposição baseando-se principalmente nas proporções relativas de componentes solúveis, celulose, hemicelulose e lignina (SAVIOZZI et al., 1997; TRINSOUTROT et al., 2000; DIALLO et al., 2006; JOHNSON et al., 2007; BERTRAND et al., 2006; MACHINET et al., 2009, 2011; REDIN et al., 2014).

Os componentes estruturais formadores da parede celular, como substâncias pécnicas, celulose e hemicelulose são considerados de decomposição intermediária (HADAS et al., 2004). Esses polímeros recalcitrantes formam uma rede complexa, e influenciam a química de

degradação biológica por oferecer resistência a esse processo (BERTRAND et al., 2006).

Já, em uma planta forrageira, muitos componentes químicos estão relacionados com a concentração de energia disponível e qualidade da forragem (CAPELLE et al., 2001). Eles se encontram no conteúdo e na parede celular, que é formada por componentes estruturais, cuja disponibilidade para os ruminantes depende da fermentação por microorganismos.

A lignina é reconhecida como o principal componente químico a limitar a digestibilidade das forrageiras. O principal mecanismo de inibição ocorre por meio do impedimento físico do acesso ao centro de reação dos constituintes potencialmente digestíveis, como a hemicelulose e a celulose, reduzindo a digestibilidade da forragem. Além disso, com o avanço da maturidade da forragem, ocorre o incremento no conteúdo de parede celular e alterações na composição química da parede celular, como aumento das concentrações de xilose, de lignina e de ácidos fenólicos, que explicam o decréscimo na qualidade de folhas (BARNES et al., 2006).

Para a composição química de aveia-preta o teor de lignina é, em média, de 7% da MS no estágio de florescimento pleno (AITA & GIACOMINI, 2003; REDIN et al., 2014). A lignina de gramíneas pode conter quantidades substanciais de mais de 3% de ácido p-cumárico e 4% de ácido ferúlico na parede celular (MAC ADAM & GRABBER, 2002). Já, os teores de hemicelulose são variáveis entre espécies vegetais, e são descritos valores de 27% para aveia-preta (AITA & GIACOMINI, 2003). Os teores de C e N para aveia-preta citados por

Aita & Giacomini (2003), ficam em 1,1% da MS de N e 44% da MS de C, com uma relação C/N de 40,3.

A caracterização química é considerada uma estratégia para intensificar o uso dos recursos genéticos vegetais (VIEIRA & AGOSTINI-COSTA, 2007) de grande importância para o melhoramento genético, contribuindo com a elucidação da variabilidade do perfil químico de populações e seleção de genótipos quanto à presença de determinadas substâncias específicas. (ALVES et al., 2010).

CAPÍTULO I

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E MINERALIZAÇÃO DO
CARBONO DE AVEIA-PRETA COMO CRITÉRIOS DE
SELEÇÃO DE GENÓTIPOS PARA FINS DE COBERTURA DO
SOLO**

SÍLVIA ORTIZ CHINI¹

RESUMO - A aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) é cultivada para cobertura do solo, no sistema de plantio direto, antecedendo as culturas de verão. A qualidade da cobertura é determinada pelo elevado potencial da planta em produzir biomassa e acumular carbono (C) e nitrogênio (N), além da dinâmica de decomposição dos resíduos culturais. A constituição química do resíduo é um dos fatores que mais influencia a cinética de decomposição, mineralização e destino do C no solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar se há variabilidade entre genótipos de aveia-preta quanto a caracteres vinculados à degradabilidade da biomassa e quais deles poderiam ser utilizados como indicadores precoces para selecionar materiais com menor mineralização de carbono, a fim de propiciar maior manutenção dos resíduos sobre o solo. Para isso, foram testadas seis genótipos (Agro Coxilha, Agro Planalto, Agro Zebu, Agro Quaraí, Iapar 61 (Ibiporã) e UPFA 21 - Moreninha) e uma linhagem (Alpha 08626). O ensaio foi conduzido no campo, em 2014, em delineamento completamente casualizado com três repetições. As avaliações compreenderam: produtividade e alocação da massa seca da parte aérea, mineralização

1. Bióloga, Mestre em Agronomia e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF.

de carbono, qualidade de biomassa (IQB) e caracteres químicos. Os resultados foram submetidos à análise de variância, de correlação, análise da regressão múltipla e multivariada. Houve diferença entre os genótipos quanto aos caracteres vinculados à degradabilidade da biomassa, como o teor de ácido ferúlico e polifenóis, produtividade de C pela biomassa, relação L/N destacando-se os genótipos Agro Zebu, Iapar 61(Ibiporã) e UPFA 21 - Moreninha com a menor mineralização de C, indicativa da menor degradabilidade da biomassa. A mineralização de C mostrou elevada correlação ($r > 0,85$) com relação L/N e IQB. Dessa forma a relação lignina/N e o IQB podem ser utilizados como indicadores precoces para selecionar materiais com menor mineralização de carbono.

Palavras-chave: *Avena strigosa*, cobertura do solo, degradação, palhada, rendimento.

CHEMICAL COMPOSITION AND CARBON MINERALIZATION OF BLACK-OAT AS CRITERIA FOR SELECTION OF GENOTYPES FOR SOIL COVERAGE

ABSTRACT - Black oat (*Avena strigosa* Schreb.) is cultivated for soil cover in the no-tillage system, preceding summer crops. The cover quality is determined by the plant's high potential to produce and accumulate biomass, carbon (C), and nitrogen (N) besides the decomposition dynamics of the cultural residues. The residue's chemical constitution is one of the factors that most influence the decomposition kinetics, mineralization, and destination of C in the soil.

The objective of present study was to check for variability between black oat cultivars with respect to biomass degradability and whether they could be used as early indicators to select materials with lower carbon mineralization, in order to provide better residue maintenance for on the soil. For this, six cultivars (Agro Coxilha, Agro Planalto, Agro Zebu, Agro Quaraí, Iapar 61(Ibiporã) e UPFA 21 - Moreninha) and one lineage (Alpha 08626) were tested. The trial was conducted in the field, in 2014, in a completely randomized design with three replicates. Evaluated traits included: aerial shoot dry matter productivity and allocation, carbon mineralization, biomass quality index (BQI), and chemical characters. The results were submitted to analysis of variance, correlation, multivariate, and multivariate regression analyses. Cultivars differed with respect to traits to biomass degradability, such ferulic acid and polyphenol content, biomass C yield, and Lignin/Nitrogen ratio, especially the cultivars Agro Zebu, Iapar 61 (Ibiporã) and UPFA 21 – Moreninha, the latter of which had the lowest C mineralization, indicative of low biomass degradability. C mineralization showed high correlation ($r > 0.85$) with L/N ratio and BQI. Thus, L/N ratio and BQI can be used as early indicators to select materials with lower carbon mineralization.

Key words: *Avena strigosa*, degradation, ground cover, straw, yield.

1 INTRODUÇÃO

A aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) é uma gramínea forrageira anual de estação fria, rústica, de elevado afilamento e pouco exigente em fertilidade (FONTANELI et al., 2009). A espécie exibe

boa adaptação a características edafoclimáticas da Região Sul do Brasil devido à tolerância ao frio e à geada, o que permite seu cultivo durante outono, inverno e primavera, período no qual as espécies tropicais apresentam baixa produção e baixa qualidade (CARVALHO & STRACK, 2014). O seu cultivo é realizado para cobertura verde/morta de solo no inverno, forragem verde, feno, silagem, antecedendo a implantação de culturas de verão (FEDERIZZI et al., 2014). É considerada a principal planta de cobertura de inverno utilizada nessa região em virtude do elevado rendimento de massa seca, da facilidade na produção, da aquisição de sementes e implantação, além da rapidez na formação de cobertura (SILVA et al., 2006).

A partir da adoção do sistema plantio direto (SPD) a utilização de plantas de cobertura de solo ganhou espaço nas áreas agrícolas, pois baseia-se na recomendação de práticas de manejo que reduzam as perdas de solo e elevem as quantidades de matéria orgânica e C do solo (LORENZ et al., 2006). As quantidades de matéria orgânica e C do solo dependem da quantidade de biomassa orgânica que entra no sistema, da taxa de decomposição da mesma e das transformações que ocorrem na matéria orgânica do solo.

Uma estratégia que pode ser utilizada para elevar o C do solo é a modificação da qualidade da biomassa, para que as taxas de decomposição sejam reduzidas e que o C transite diretamente para a fração orgânica do solo (JOHNSON et al., 2007). Para isso, é fundamental selecionar plantas de cobertura com elevado potencial em produzir biomassa e acumular, principalmente, carbono (C) e nitrogênio (N), além de conhecer a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais (DONEDA et al., 2012).

O processo de decomposição de resíduos orgânicos é fundamental para a ciclagem dos nutrientes que formam os compostos orgânicos. Os nutrientes disponibilizados por esse processo podem ser imobilizados pelos organismos decompositores ou liberados para a solução do solo (SILVA & MENDONÇA, 2007). A velocidade com que isso ocorre depende da qualidade do resíduo, da microfauna, dos fatores climáticos e edáficos (VARELA et al., 2014).

A qualidade do resíduo é determinada pela sua composição química, da relação C/N, do teor de lignina, da relação lignina/N e do tamanho de partículas (JOHNSON et al., 2007). O conhecimento das características químicas do resíduo vegetal é de extrema importância para a elucidação da cinética de decomposição do resíduo, pois a constituição química é um dos fatores que mais influencia a biodegradação e o destino do C no solo. Muitas investigações que relacionam a constituição química e a decomposição de resíduos vegetais são baseadas na determinação de componentes solúveis (proteínas, açúcares), celulose, hemicelulose e lignina. Contudo, há influência de outros compostos, como arabinosídeos e ácidos fenólicos, no processo de decomposição dos resíduos orgânicos vegetais, uma vez que agem como elementos de ligação entre lignina e polissacarídeos e elevam a coesão da parede celular, o que retarda o processo degradativo (MACHINET et al., 2009, 2011).

O cultivo da aveia-preta para cobertura do solo foi fundamental para o sucesso do plantio direto, contribuindo para a manutenção de umidade do solo, supressão de plantas daninhas, reciclagem de nutrientes, perdas menores de solo e erosão (CARVALHO & STRACK, 2014). Porém, a indicação de cultivares

para a cobertura de solo é feita apenas com base na produtividade de massa seca e não leva em conta características que interferem no processo de decomposição. As cultivares indicadas para cobertura do solo são as mesmas indicadas para fins forrageiros (LÂNGARO & CARVALHO, 2014) e as informações relativas à qualidade da palha (AITA & GIACOMINI, 2003; AITA et al., 2006; REDIN et al., 2014) são escassas e não consideradas pelos obtentores para seleção de linhagens.

Não obstante, a decomposição dos resíduos culturais dessa espécie é, também, um aspecto relativamente pouco investigado, o que evidencia a necessidade de intensificar os trabalhos nessa área. O objetivo deste trabalho foi avaliar se há variabilidade entre genótipos de aveia-preta, quanto a caracteres vinculados à degradabilidade da biomassa e se eles poderiam ser utilizados como indicadores precoces para selecionar materiais com menor mineralização de C, a fim de propiciar maior manutenção dos resíduos sobre o solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e período

O trabalho foi conduzido na Universidade de Passo Fundo, na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, com coordenadas de 28° 15' S, 52° 24' W e a 687 m de altitude, entre junho e dezembro de 2014. O clima é fundamental úmido (Cfa) e variedade subtropical (Cfa), com temperatura média anual de 22 °C (KUINCHTNER & BURIAL, 2001).

As temperaturas médias mensais, precipitação pluvial mensal e normais regionais ocorridas durante o período experimental estão mostradas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

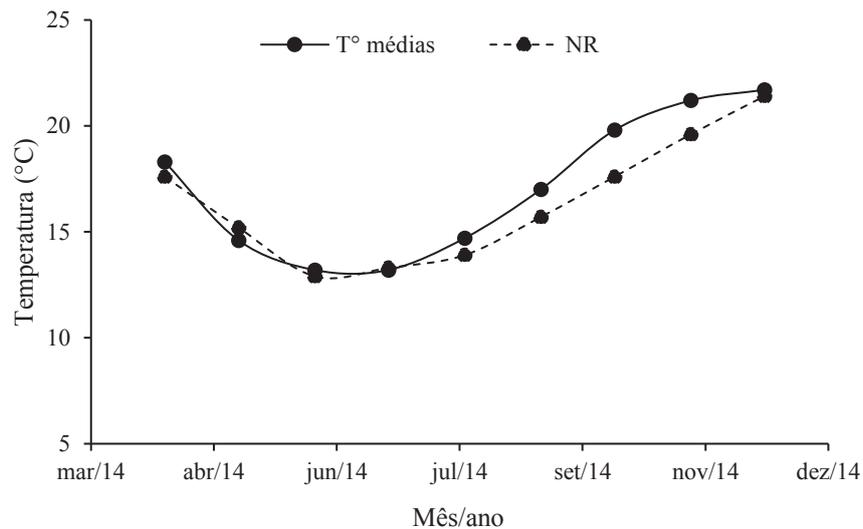


Figura 1 - Temperaturas médias mensais ocorridas no período experimental e normais regionais (NR). [Fonte: Embrapa Trigo].

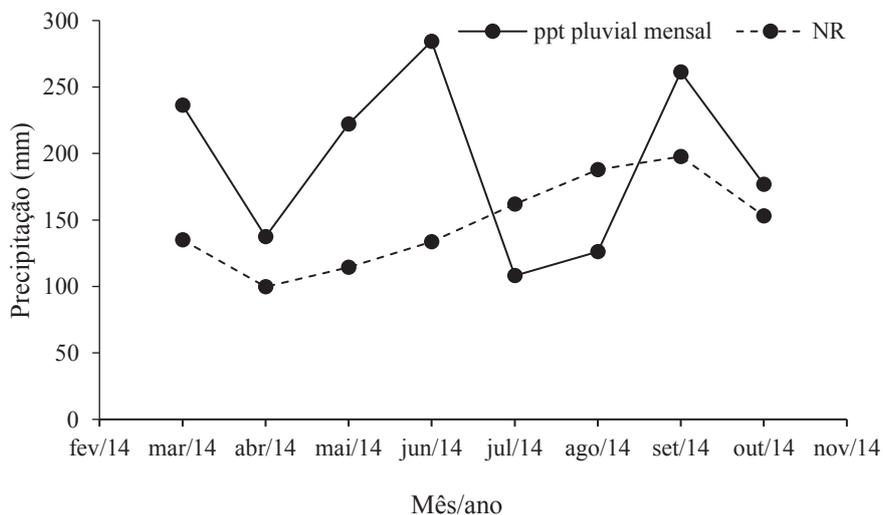


Figura 2 - Precipitação pluvial mensal ocorrida no período experimental e normais regionais (NR). [Fonte: Embrapa Trigo].

2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento constou da avaliação de seis genótipos (Agro Coxilha, Agro Planalto, Agro Zebu, Agro Quaraí, Iapar 61(Ibiporã), UPFA 21 - Moreninha) e uma linhagem (Alpha 08626) de aveia-preta. O delineamento experimental foi completamente casualizado, com três repetições. Cada parcela foi constituída de cinco linhas de 2,5 m de comprimento e com 0,2 m de espaçamento entre linhas, resultando em área final de 2,5 m².

2.3 Preparo da área experimental, semeadura e condução do ensaio

O solo foi analisado conforme metodologia de Tedesco et al. (1995) (Tabela 1). A adubação de semeadura foi feita com 200 kg ha⁻¹ de adubo N-P₂O₅-K₂O de fórmula 05-20-20, e a semeadura ocorreu em 29/05 com a densidade de 300 sementes aptas m⁻². As plantas receberam uma adubação de cobertura quando iniciaram o afilhamento, aplicando 30 kg ha⁻¹ de ureia.

Tabela 1 - Atributos físico-químicos do solo utilizado para o cultivo de genótipos de aveia-preta na Universidade de Passo Fundo, 2014

Atributos	Valor
Argila (%)	26,4
pH em H ₂ O	5,8
Índice SMP	6,1
P (mg dm ⁻³)	23,4
K (mg dm ⁻³)	165,0
Matéria Orgânica (%)	3,2
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0
Ca (cmol _c dm ⁻³)	5,8
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,9
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,7
CTC (cmol _c dm ⁻³)	11,8
Saturação por bases (%)	69,0
Saturação por Al (%)	0,0
Saturação por K (%)	3,6

As plantas foram submetidas a um corte único no estágio de florescimento pleno (Escala de Zadoks 6.5), com no mínimo 50% das plantas com 50% das panículas totalmente expostas. O corte da biomassa rente ao solo ocorreu com auxílio de quadrado metálico (0,25 m²), lançado duas vezes, aleatoriamente, dentro da parcela resultando em uma área amostral de 0,5 m², equivalendo a 1 m linear em 3 linhas de semeadura (espaçamento 0,2 m).

O material foi pesado, para a quantificação da massa verde (MV) e, do montante, foi retirada uma amostra de, aproximadamente, 500 g para determinação de produtividade de massa seca (MS), mediante secagem a 60 °C ± 3 °C, em estufa de ar forçado, até peso constante. Posteriormente, o material foi moído em moinho tipo Wiley (0,5 mm) e direcionado às avaliações químicas.

Além disso, dez plantas de cada parcela foram cortadas em seções de, aproximadamente, 3 cm, e 30 g desse material foram submetidos ao ensaio de respirometria (mineralização de C). Outras dez plantas foram submetidas à separação dos componentes da parte aérea (folha, caule e inflorescência) para determinação da alocação de biomassa. Os componentes foram secos, a 60 °C ± 3 °C por 72 h, com posterior pesagem.

2.4 Avaliações químicas

A composição química e a mineralização de C foram realizadas de acordo com atributos e metodologias listadas (Tabela 2). O teor de C, juntamente com a produtividade de MS serviram de base para a estimativa da produtividade de C na biomassa através da equação a seguir:

Produtividade de C (kg C ha^{-1}) = (teor de C * MS)/100

Tabela 2 – Avaliações quanto à composição química (%MS) e à mineralização de C (%C) avaliados nos genótipos de aveia-preta.

Atributo	Métodos de referência para extração e/ou determinação
Hemicelulose	Van Soest et al. (1991)
Parede celular	Fukushima & Kerley (2011)
Teor de C	Walkley-Black modificado por Tedesco et al. (1995)
Teor de N	Walkley-Black modificado por Tedesco et al. (1995)
Relação C/N	Teor de C/ teor de N
Lignina	Fukushima et al., 2015
Relação lignina/N	Teor de lignina: teor de N
Ácido ferúlico	Deschamps & Ramos (2002); Favaretto (2013)
Ácido p-cumárico	Deschamps & Ramos (2002); Favaretto (2013)
Polifenóis	Σ ácidos ferúlico e p-cumárico
Índice de qualidade de biomassa	Tian et al. (1995)
Constante de Olsen (k)	Stotzky (1965); Olsen (1963)
Taxa de mineralização	Stotzky (1965), Karberg et al. (2008)
Mineralização acumulada e remanescente	Stotzky (1965); Redin et al. (2014)

Para a determinação do teor de ácidos ferúlico e p-cumárico através de cromatografia líquida de alta eficiência (FAVARETTO, 2014) foi necessário executar o processo de extração dos ácidos fenólicos. O processo de extração diferenciou-se da metodologia original, utilizando-se de metodologia adaptada e baseada em Deschamps & Ramos (2002). Para tal, 0,05 g de parede celular, preparadas previamente, foram submetidas à extração em tubo de ensaio com 5 ml de NaOH 1 mol L⁻¹ por 2 h e 45 min, à 40 °C com sonicação. Após este período o material foi acidificado para pH 2,5 com a adição de 0,9 mL de solução de ácido fosfórico:H₂O (1:1). Após uma noite em geladeira, o material foi centrifugado (6000 rpm por 5 minutos) e 250 μL do sobrenadante foi diluído em 750 μL de fase móvel

(75% H₂O; 25% acetonitrila) e injetado no cromatógrafo. A partir dos valores obtidos através da injeção foram feitos os cálculos dos teores de ácidos ferúlico e p-cumárico contido na matéria seca de aveia-preta.

O índice de qualidade da biomassa (IQB) foi calculado de acordo com o descrito em Tian et al. (1995), utilizando a equação:

$$IQB = [1 / (a * C/N + b * lignina + c * polifenóis)] \times 100$$

na qual a, b e c são os coeficientes de contribuição relativa para a divergência de cada variável entre os genótipos (SINGH, 1981), divididos por 100. Para polifenóis, utilizou-se o somatório dos teores de ácidos ferúlico e p-cumárico. Quanto mais baixo o valor do IQB, menor é a decomposição da biomassa e, conseqüentemente, melhor é a qualidade do resíduo.

Para o ensaio de respirometria desenvolvido por Stotzky (1965) e destinado a avaliar a velocidade de degradação de biomassa, foram utilizados vidros de incubação com 600 g de solo seco, com a adição de resíduo vegetal equivalente a uma produtividade de biomassa de aveia de 23 t de MV ha⁻¹. Para evitar a interferência da temperatura e da disponibilidade de água sobre a taxa de decomposição do material vegetal, os vidros foram incubados a 25 °C ±1 com o ajuste da umidade do solo para 70% da capacidade de vaso. No interior do recipiente de vidro, além do material vegetal, foram colocados békeres contendo 40 mL de solução alcalina (NaOH 0,5 mol L⁻¹) utilizada para captar o CO₂ evoluído. Para evitar a saturação da solução pelo C-CO₂ liberado, foram feitas coletas a cada três ou quatro dias da solução nos primeiros 30 dias de incubação, e a cada sete dias após esse período. Em cada coleta, o excesso de NaOH foi titulado com uma solução ácida (HCl 0,25 mol L⁻¹). A partir das quantidades emitidas de C-CO₂ 100 cm⁻³ de solo, em

cada tratamento e da quantidade de biomassa, foi calculada a mineralização do C do material orgânico, utilizando a equação:

$$C-CO_2 \text{ (mg)} = (B-V) \times M \times 6 \times (v1/v2)$$

em que: B = volume do HCl gasto no branco (mL); V = volume do HCl gasto na amostra (mL); M = 14 (concentração do HCl em mol/L); 6 = massa atômica do carbono 12 dividido pelo número de mols de CO₂ que reagem com o NaOH; v1= volume total usado na captura do CO₂; v2= volume de NaOH usado na titulação.

A partir dos dados obtidos no ensaio de respirometria (STOTZKY, 1965), da produtividade de massa verde, seca e carbono na biomassa foram calculadas a constante de Olsen (k) (OLSEN, 1963), a taxa de mineralização (KARBERG et al., 2008), a mineralização acumulada e a remanescente (REDIN et al., 2014).

2.5 Análises estatísticas

Os caracteres químicos foram analisados como unifatorial (genótipos) e submetidos à análise de variância, com comparação de médias feita pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. A taxa de mineralização, mineralização acumulada e remanescente foram analisadas no delineamento de tratamentos de medidas repetidas no tempo, a fim de verificar o efeito de cultivar, tempo e sua interação. A partir da significância, o fator tempo foi desdobrado por regressão linear simples, enquanto que as médias dos genótipos foram submetidas ao teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os caracteres relacionados à composição química e à mineralização de C foram submetidos ao teste de correlação de Pearson. A partir da verificação de sua significância, foram escolhidos e

submetidos à análise da regressão múltipla. Essa análise teve como objetivo verificar a existência de uma relação funcional entre a mineralização de C (variável dependente) com demais variáveis.

Após, foi realizada uma análise multivariada, a fim de verificar a dissimilaridade entre genótipos. Para isso, foi gerada a matriz de distâncias de Mahalanobis (D2), que, simultaneamente, indica a análise da contribuição relativa dos caracteres para divergência entre os genótipos, pelo método de Singh (1981), e apenas com aqueles em que houve efeito significativo de cultivar. Por fim, foi gerado um dendrograma, com base no método de Ward, após análise dos coeficientes de correlação cofenética.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de MV, MS e C dos genótipos variou apenas entre os genótipos UPFA 21 - Moreninha e Agro Coxilha (Tabela 3), enquanto que a relação C/N não variou entre os genótipos, indicando pouca variabilidade no germoplasma.

Tabela 3 - Produtividade de massa verde (MV), massa seca (MS) e de carbono (C), e relação carbono/nitrogênio (C/N) de genótipos de aveia-preta no estágio de florescimento pleno

Genótipos	MV	MS	C	Relação C/N
	------(kg ha ⁻¹)-----			
UPFA 21 - Moreninha	22.692 a	6.270 a	2.562 a	26,5 a
Agro Quaraí	20.418 ab	5.540 ab	2.305 ab	32,0 a
Agro Planalto	19.082 ab	5.014 ab	2.060 ab	28,4 a
Iapar 61(Ibiporã)	17.690 ab	5.570 ab	2.284 ab	28,6 a
Alpha	17.487 ab	4.812 ab	1.977 ab	28,0 a
Agro Zebu	17.040 ab	4.575 ab	1.888 ab	24,3 a
Agro Coxilha	13.800 b	3.879 b	1.594 b	27,7 a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey (p>0,05).

A MV e MS apresentaram valores dentro do esperado, pois são comuns registros de produtividade próximas a 20 t MV ha⁻¹ (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014;), enquanto que as produtividades de MS de aveia-preta obtidas na Região Sul do Brasil ficam entre 4,8 e 7,4 t ha⁻¹ (CARVALHO & STRACK, 2014).

Para a relação C/N, os materiais obtiveram uma média geral de 27,9 (C.V.12,3%). A relação C/N é uma das principais características de controle para a velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais. É o índice mais usado para avaliar se os resíduos vão liberar ou imobilizar o N inorgânico (HADAS et al., 2004). A mineralização do N ocorre simultaneamente com a mineralização do C (SILVA & MENDONÇA, 2007) e se os resíduos vegetais apresentarem valores de C/N entre 25 e 30 ocorre equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização (ALISSON, 1966).

A alocação da biomassa diferiu entre os genótipos quanto à proporção de inflorescência (Figura 3). A proporção média de colmo e folha foi de 56% e 18% (dados não mostrados). O genótipo Agro Coxilha mostrou a maior alocação em inflorescências, o que culminou na menor produtividade de MS no florescimento pleno, pois a produção de estruturas reprodutivas advém da alocação de recursos produzidos pelas estruturas vegetativas. Assim, o sucesso da alocação de recursos às estruturas reprodutivas advém da perda de recursos em estruturas vegetativas (BAZZAZ et al., 2000).

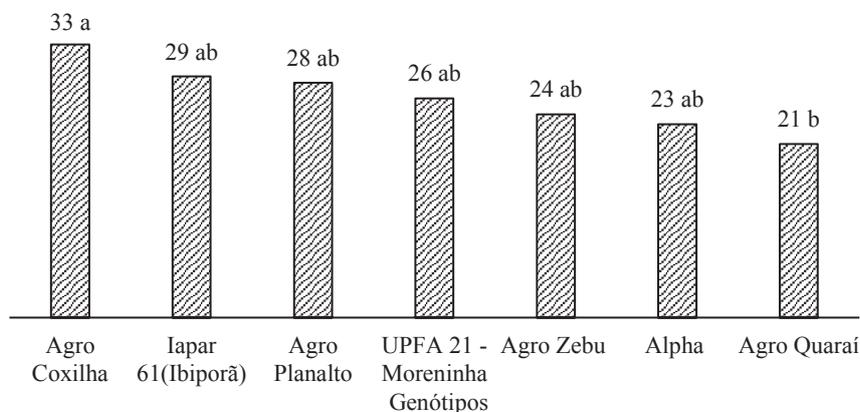


Figura 3 - Alocação da massa seca (%) em inflorescências na parte aérea de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno. [Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença significativa entre os genótipos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)].

A taxa de mineralização de C não variou entre os genótipos, bem como não houve efeito significativo para interação desse fator com o tempo. No entanto, houve efeito do tempo sobre essa variável (Figura 4). A taxa de mineralização baseia-se no coeficiente de decomposição (k), que é espécie-dependente, característico do tipo de cobertura (MARCOLINI 2009) e fortemente relacionado à quantidade de compostos carbonados solúveis na biomassa (TRINSOUTROT et al., 2000). Em estudo com 47 tipos de resíduos culturais foram registrados valores para a taxa de mineralização entre 0,25% para cevada (*Hordeum vulgare* L.) e 1,5% para canola (*Brassica napus* L.) (TRINSOUTROT et al., 2000). Em períodos iniciais de decomposição a taxa de mineralização do C de aveia-preta varia entre 0,55 a 0,59% (MARCOLINI 2009). A taxa de decomposição, ou constante de decomposição, é similar entre espécies de gramíneas (THOMAS & AZAKAWA, 1993) e, dessa forma, válida a similaridade encontrada entre os genótipos, neste estudo, já que trata-se de uma única espécie.

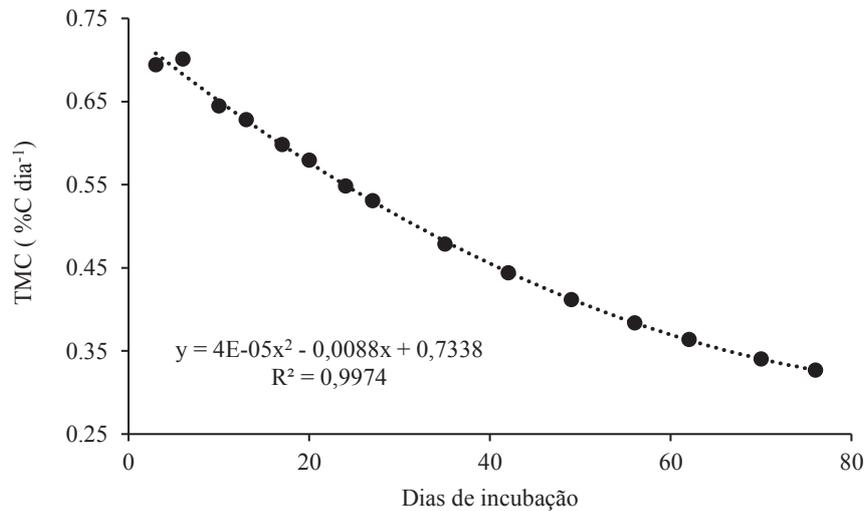


Figura 4 - Taxa de mineralização de carbono (TMC) da biomassa de genótipos de aveia-preta, colhidos em estágio de florescimento pleno, em função de dias de incubação.

A maior taxa de mineralização (0,69%) foi verificada no início do período de incubação, aos seis (6) dias (Figura 4). A taxa de mineralização é elevada nos primeiros dias, devido à alta umidade e à presença de material facilmente decomponível, e decresce com o decorrer do tempo de incubação, devido ao esgotamento de nutrientes e da menor disponibilidade de C (MORENO-CORNEJO et al., 2014). Além disso, as altas taxas de mineralização verificadas logo após a incubação são devido ao efeito *priming*, que traduz as rápidas mudanças que ocorrem na matéria orgânica do solo causadas por diversos processos, como a adição de matéria orgânica fresca. Isso altera a quantidade de C, N e outros nutrientes por meio da imobilização e da liberação dos mesmos, em curto espaço de tempo, devido à atividade microbiana (KUZUYAKOV et al., 2000).

Apesar da taxa de mineralização não ter sido afetada pela interação dos fatores Cultivar x Tempo, a mineralização de C acumulada (Figura 5), expressa como a proporção de C adicionado pela biomassa inicial, e o teor de C remanescente na biomassa, foram afetados por ela. Somente entre o 17º e o 62º dia os genótipos mostraram diferença significativa entre si (Tabela 4). Ao final de 76º dia, tempo máximo de incubação, a mineralização do C variou entre 18 e 22% do conteúdo inicial de C adicionado, e os genótipos foram similares ($p>0,05$).

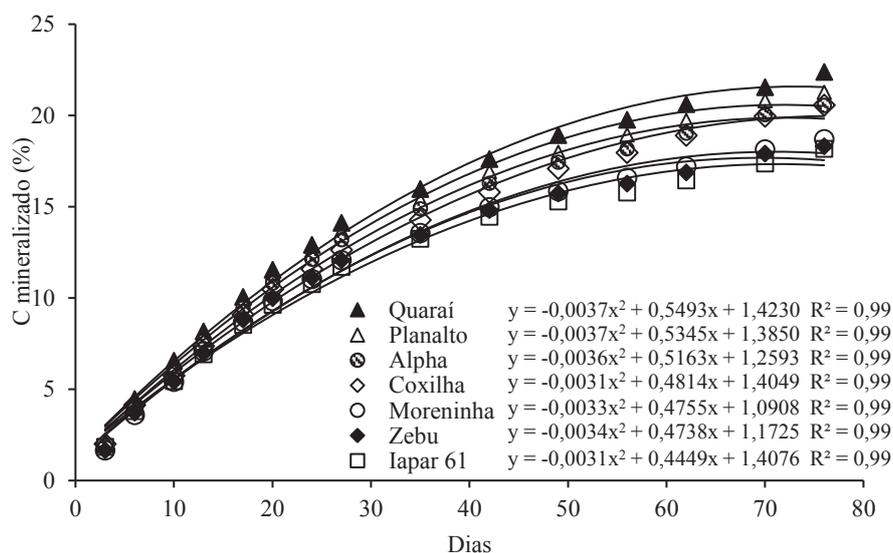


Figura 5 - Percentual de carbono mineralizado na biomassa de genótipos de aveia-preta, colhidos no estágio de florescimento pleno, em função de dias de incubação.

Tabela 4 - Percentual de carbono mineralizado da biomassa de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno, entre o 17º e o 62º dia de incubação

Genótipo	Dias de incubação										
	17	20	24	27	35	42	49	56	62	70	76
Agro Quaraí	10,1 a	11,5 a	12,9 a	14,1 a	16,0 a	17,6 a	18,9 a	19,8 a	20,6 a	21,5 a	22,4 a
Agro Planalto	10,0 a	11,4 ab	12,6 ab	13,7 ab	15,4 ab	16,9 ab	17,9 ab	18,9 ab	19,7 ab	20,8 ab	21,2 ab
Alpha	9,4 ab	10,8 abc	12,1 abc	13,2 abc	14,9 abc	16,3 abc	17,4 b	18,2 b	19,0 b	20,0 b	20,5 b
Agro Coxilha	9,1 ab	10,5 abc	11,6 abc	12,6 bcd	14,3 bcd	15,8 bcd	17,1 bc	17,9 bc	18,9 b	19,9 b	20,5 b
UPFA 21 - Moreminha	8,7 ab	9,8 c	11,0 c	12,1 cd	13,5 cd	15,0 cd	15,8 cd	16,6 cd	17,2 c	18,1 c	18,7 c
Agro Zebu	8,8 ab	10,0 bc	11,1 bc	12,1 cd	13,4 cd	14,8 cd	15,7 cd	16,3 cd	16,9 c	17,9 c	18,3 c
Iapar 61(Ibiporá)	8,5 b	9,6 c	10,7 c	11,7 d	13,2 d	14,4 d	15,3 d	15,8 d	16,4 c	17,4 c	18,2 c

Médias, nas colunas, seguidas de mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Ao final do período de incubação, os genótipos se dividiram em três grupos, com base na mineralização de C acumulada e no teor de C remanescente (Tabela 4). Os genótipos UPFA 21 - Moreninha, Iapar 61(Ibiporã) e Agro Zebu se destacaram pela menor mineralização de C acumulada (18,6%) e pelo maior percentual de C remanescente na biomassa (81,4%). O contrário foi verificado com o genótipo Agro Quaraí, que mostrou a maior proporção de C mineralizado (22,4%) (Tabela 4), conseqüentemente, o menor percentual de C remanescente (77,6%). Aita & Giacomini (2003) e Aita et al. (2006) relataram valores similares para aveia-preta, entre 13 e 19% de C mineralizado, entre o 30° e o 60° dia de incubação, respectivamente, o que indica que os valores obtidos estão dentro do esperado para a espécie.

Para uma mesma região climática, a composição química da biomassa é a melhor variável de estimativa para a cinética de decomposição (JOHNSON et al., 2007). Em sistemas fechados, a taxa de mineralização é regulada pelas características físico-químicas do material em decomposição, pelo contato do material com o solo e pelos fatores ambientais, incluindo a temperatura, teor de água e disponibilidade de nutrientes (VARELA et al., 2014). Assim, a similaridade dos genótipos ($p > 0,05$) quanto à taxa de mineralização do C pode ser explicada pela pouca variabilidade delas quanto a maioria dos atributos químicos (Tabela 5).

A composição química influencia a suscetibilidade do resíduo à degradação, afetando os processos de mineralização de forma direta ou indireta por meio da regulação e disponibilidade nutrientes (KIMMINS, 2004; KARBERG et al., 2008). A relação entre a qualidade do resíduo e a decomposição baseia-se nas proporções

relativas de componentes solúveis, celulose, hemicelulose e lignina (MACHINET et al., 2011). Os componentes estruturais formadores da parede celular, como substâncias pécicas, celulose e hemicelulose, são considerados de decomposição intermediária (HADAS et al., 2004; BERTRAND et al., 2006). Esses polímeros recalcitrantes formam uma rede complexa e influenciam a química de degradação biológica por oferecer resistência a esse processo (BERTRAND et al., 2006).

Tabela 5 – Atributos químicos da biomassa de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno

Atributo químico	Média ± Desvio padrão
Parede celular (%MS)	68,8 ± 0,86
Hemicelulose (%MS)	24,7 ± 1,16
Lignina (%MS)	9,8 ± 0,87
Ácido p-cumárico (%MS)	1,1 ± 0,26
Índice de qualidade de biomassa	9,4 ± 0,7
Teor de N (%MS)	1,5 ± 0,12
Teor de C (%MS)	41,1 ± 0,25

Os teores de hemicelulose são variáveis entre gramíneas, por exemplo, 32 % em milho (*Zea mays* L.), 15% em milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) (REDIN et al., 2014), e valores entre 27% (AITA & GIACOMINI, 2003) e 29% em aveia-preta (REDIN et al., 2014), concentração que se assemelha aos teores encontrados. Para a parede celular de gramíneas são relatados valores entre 50 e 76% (FUKUSHIMA et al., 2015).

O teor médio de lignina dos genótipos de aveia-preta encontrado neste estudo, de 9,8% (Tabela 5), foi superior aos encontrados em outros trabalhos com a espécie, no estágio de florescimento pleno, de cerca de 7% da MS (AITA & GIACOMINI, 2003; REDIN et al., 2014). Isso pode ser devido aos diferentes métodos de quantificação de lignina utilizados. Aqui utilizou-se a metodologia

de lignina em brometo de acetila (LBA), que permite a inferência do efeito da lignina sobre os processos de degradação de carboidratos estruturais (FUKUSHIMA et al., 2015). Já, os trabalhos citados utilizaram a metodologia de lignina em detergente ácido (LDA) (VAN SOEST, 1963), pela qual pode ser subestimado em até 50% os teores de lignina de gramíneas. No método LDA ocorre a perda de um elevado percentual de lignina, devido à solubilização parcial da porção fibrosa do material vegetal pelo ácido sulfúrico (LOWRY et al., 1994). A relação entre os teores de LBA e LDA costuma ficar entre 1,5 (FUKUSHIMA et al., 2015) e 2,3 (FUKUSHIMA & HATFIELD, 2004). Dividindo-se o teor de lignina LBA obtido no presente trabalho para aveia-preta (9,8%), pelo valor obtido em outros trabalhos (7%) chega-se a relação 1,4, o que se aproxima da razão verificada por Fukushima et al. (2015).

Os teores de N e C não variaram entre os genótipos (Tabela 6). O teor médio de C foi de 41,1 esteve dentro do que é relatado para espécie, entre 44% (AITA & GIACOMINI, 2003; AITA et al., 2006) e 46% (REDIN et al., 2014).

O índice de qualidade de biomassa (IQB) não diferiu entre os genótipos (Tabela 5), o que deve estar relacionado ao fato de que o IQB foi calculado a partir das variáveis relação C/N, lignina e polifenóis, entre as quais apenas o conteúdo de polifenóis apresentou diferença entre genótipos. O cálculo do IQB, desenvolvido a partir dos coeficientes de contribuição relativa para a divergência (SINGH, 1981) para o presente trabalho, resultou na seguinte equação:

$$\text{IQB} = [1 / (0,2047 \text{ C/N} + 0,4381 \text{ lignina} + 0,3572 \text{ polifenóis})] \times 100$$

Entre as variáveis que compuseram o cálculo do IQB, a lignina apresentou o maior peso sobre a variabilidade entre genótipos, com 43,81% de contribuição, seguida de polifenóis e relação C/N. O IQB foi proposto por Tian et al. (1995) para integrar os efeitos da relação C/N, teor de lignina e polifenóis sobre o solo ou culturas seguintes, onde índices elevados caracterizam plantas de rápida decomposição. O IQB médio, aqui obtido, de 9,4, foi superior ao encontrado para arroz (*Oryza sativa* L.) e milho (4,8) (TIAN et al., 1995). A divergência entre os trabalhos pode ser explicada pelo fato de que a aveia-preta apresenta elevada concentração de N e baixa relação C/N quando comparado a outras gramíneas (BAUER & REEVES, 1999).

Os genótipos variaram quanto aos teores de polifenóis e de ácido ferúlico (Figura 6). Os teores de polifenóis são variáveis entre espécies vegetais, por exemplo, 0,1% em soja (*Glycine max* L.) a 1,8% em canola e estão intimamente correlacionados ao processo de mineralização de C dos resíduos culturais (TRINSOUTROT et al., 2000).

Os teores de ácido ferúlico e p-cumárico encontrados no presente trabalho estão dentro do esperado. A lignina de gramíneas pode conter em suas paredes celulares quantidades substanciais de até 3% de ácido p-cumárico e 4% de ácido ferúlico (MAC ADAM & GRABBER, 2002). A deposição do ácido ferúlico na parede celular cessa no início da lignificação, enquanto que o ácido p-cumárico é depositado continuamente no período de lignificação (GRABBER et al., 2004). As interconexões entre ácidos fenólicos (ferúlico e p-cumárico), polímeros e ligninas na parede celular resultam em uma

composição altamente resistente, capaz de alterar toda a cinética de degradação e explicam as diferenças encontradas entre as taxas de decomposição (MACHINET et al., 2009, 2011).

Apesar disso, a forma com que os polifenóis agem sobre a decomposição dos resíduos vegetais ainda não é clara. A principal forma de influência dos polifenóis é sobre microorganismos, na qual alguns organismos são favorecidos pela presença desses compostos, e outros não. A forma indireta de alteração sobre os processos de decomposição caracteriza-se com a complexação com sesquióxidos inorgânicos, cátions e proteínas que alteram a disponibilidade de P, N e outros nutrientes no solo (HÄTTENSCHWILER & VITOUSEK, 2000). A composição relativa e atividade dos polifenóis podem mudar consideravelmente durante a senescência de tecidos vegetais. Reduções substanciais na concentração de polifenóis de baixo peso molecular, e aumentos na capacidade de ligação às proteínas, foram observados na biomassa em decomposição (GALLET & LEBRETON, 1995).

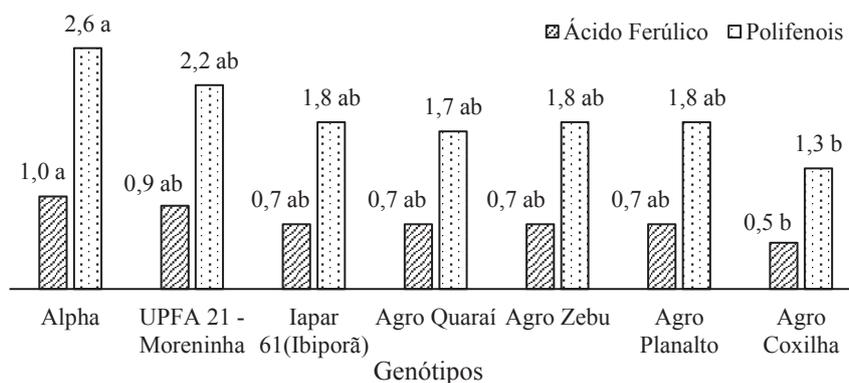


Figura 6 - Teor (%) de ácido ferúlico e de polifenóis da biomassa de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno. [Letras diferentes sobre as colunas, comparando cada substância, indicam diferença significativa entre genótipos pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)].

A relação lignina/nitrogênio (L/N) exibiu pouca variabilidade entre os genótipos, pois apenas os genótipos Agro Quaraí e Agro Zebu foram divergentes (Figura 7). Quanto mais elevada é essa relação, mais elevada tende a ser a relação C/N, o que, conseqüentemente, reduz a taxa de decomposição. Essa relação entre variáveis é rapidamente modificada pelo clima. Apesar de os teores de lignina e N não terem apresentado diferenças estatísticas entre os materiais, a possível causa da diferença entre esses genótipos foi a variação no percentual de lignina 32,5% maior e no teor de N, 25% menor em Agro Quaraí do que Agro Zebu.

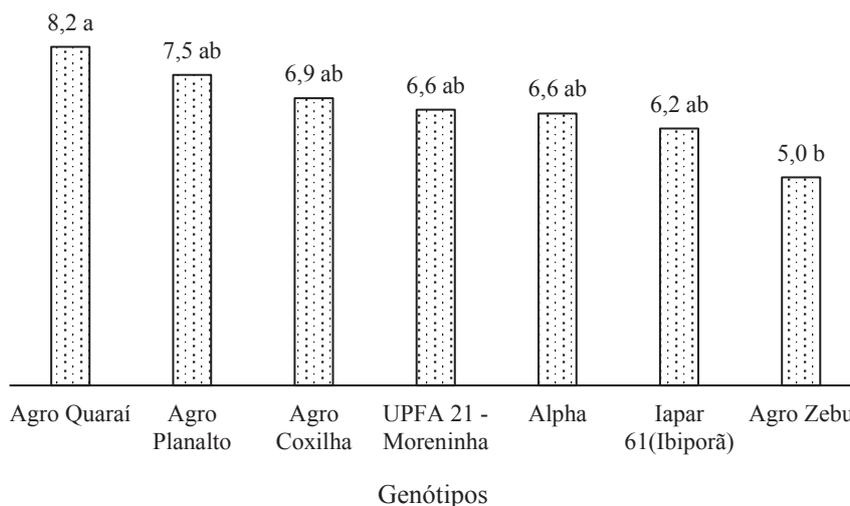


Figura 7- Relação lignina/nitrogênio (L/N) da biomassa de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno. [Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença significativa entre genótipos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)].

Como esperado, a análise de correlação, entre os caracteres avaliados e a evolução de CO_2 , mostrou que o teor de lignina, a relação C/N e a relação L/N estiveram negativamente associadas à

mineralização de C, mas o teor de N e o IQB mostraram associação positiva com esse atributo (Tabela 6).

A maioria dos trabalhos relaciona a cinética de decomposição aos teores de N, à relação C/N e ao teor de lignina (HADAS et al., 2004). Outros autores acreditam que o teor de celulose e hemicelulose (JOHNSON et al., 2007) e a razão lignina/N (CONSTANTINIDES & FAWNES, 1994) são características essenciais na avaliação de decomposição. A lignina é considerada um componente estrutural recalcitrante, de assimilação lenta, com estrutura química complexa e irregular que dificulta o ataque enzimático. Esse polímero possui tamanho incompatível com o transporte via membrana celular, o que condiciona o seu processamento a enzimas extracelulares. A decomposição da lignina é lenta e a liberação de nutrientes como N e P é gradual, o que dificulta a continuidade do processo de crescimento microbiano durante o processo de degradação. Dessa forma, o teor de lignina é considerado um bom preditor das taxas de decomposição em estádios tardios de mineralização (KARBERG et al., 2008; MACHINET et al., 2011).

Essas considerações justificam a correlação negativa encontrada entre teor de lignina e o processo de mineralização de C apenas nas etapas mais tardias de incubação. Porém, alguns autores discordam desse argumento, justificando que os baixos teores de lignina não permitiriam a atuação desses compostos como agentes recalcitrantes durante a decomposição. A significância da lignina limitaria-se ao fato de retardar a taxa de decomposição de resíduos, pelo aumento contínuo da proporção de lignina no resíduo não decomposto (HADAS et al., 2004).

A correlação entre a relação C/N da aveias-preta e a taxa de mineralização de C foi verificada em outros estudos (AITA & GIACOMINI, 2003; REDIN et al., 2004). A relação C/N pode ser boa preditora das taxas de decomposição em estádios iniciais de degradação, confirmando a correlação verificada no presente trabalho. Como o balanço de C e N é alterado durante o período de decomposição, a composição inicial tem uma influência muito insignificante em estádios finais, nos quais o controle é feito pelo clima, textura do solo e fontes endógenas de nutrientes (KARBERG et al., 2008).

Geralmente, a alta relação C/N implica em uma lenta decomposição da biomassa. Anteriormente à utilização do carbono, os organismos decompositores demandam o N da biomassa vegetal, o que pode ser explicado pela capacidade de complexação pelo N. Resíduos com alta relação C/N possuem elevada acidez, oriunda da presença de inibidores da decomposição como lignina e taninos, que pode ser neutralizada pelo N. Porém, nem sempre a alta relação C/N está correlacionada com baixas taxas de decomposição, pois se o material possui pouco tanino e pouca lignina, o C pode ser prontamente utilizado pelos organismos decompositores. Da mesma forma, resíduos com uma baixa relação C/N, que estão condicionados à rápida decomposição, também podem sofrer uma lenta decomposição. Isso porque os compostos carbonados facilmente decomponíveis podem ser rapidamente esgotados e a decomposição pode ser limitada pela falta de C (KIMMINS, 2004).

A relação L/N é conhecidamente relacionada aos processos de mineralização (TRINSOUTROT et al., 2000; AITA & GIACOMINI, 2003; MACHINET et al., 2011). O N ocorre como

componente estrutural dos compostos recalcitrantes, como a lignina, que são frações mais estáveis biologicamente (STEVENSON, 1994). Para o presente trabalho observou-se correlação negativa entre mineralização e a relação L/N durante todo o período de incubação. Estes resultados demonstram que, nas estruturas de maior nível de recalcitrância (maior relação L/N), o metabolismo microbiano é mais lento, relacionando-se negativamente com a mineralização de C e corroborando com os resultados já discutidos anteriormente.

Neste estudo, o teor de N relacionou-se positivamente com a produtividade de C mineralizado em suas fases iniciais (Tabela 6). É sabido que a composição nitrogenada inicial dos resíduos influencia a decomposição da biomassa vegetal (KARBERG et al., 2008). Para alguns autores, o teor de N é o melhor fator para a predição da cinética de decomposição, isoladamente (JOHNSON et al., 2007). A correlação positiva encontrada entre a produtividade de C mineralizado e o teor de N orgânico dos resíduos aqui verificados indica que os teores de N da biomassa não foram limitantes para o processo de decomposição em questão.

O IQB foi um indicador positivo do processo de mineralização, já que se correlacionou positivamente com a mineralização de C. Isso indica que se pode esperar maiores taxas de decomposição na biomassa da cultivar que contenha IQB elevado, oriundos da relação C/N, L/N e teor de polifenóis reduzido.

O IQB foi capaz de integrar as variáveis polifenóis, lignina e relação C/N e traduzir os seus efeitos sobre a decomposição de uma maneira mais eficaz do que a avaliação dessas variáveis isoladamente.

Tabela 6 - Coeficientes de correlação simples entre caracteres químicos, de alocação de biomassa e índice de qualidade de biomassa de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno

Caracteres	Mineralização do carbono acumulada (% C)															
	C3	C6	C10	C13	C17	C20	C24	C27	C35	C42	C49	C56	C62	C70	C76	
Parede celular (%MS)	-0,58	-0,45	-0,41	-0,42	-0,32	-0,38	-0,38	-0,40	-0,45	-0,45	-0,49	-0,51	-0,55	-0,54	-0,57	
Lignina (%MS)	-0,59	-0,58	-0,67	-0,73	-0,65	-0,67	-0,66	-0,68	-0,70	-0,76	-0,76	-0,79*	-0,78*	-0,79*	-0,78*	
Ácido cumárico (%MS)	0,28	0,25	-0,06	-0,12	-0,12	-0,07	-0,13	-0,13	-0,11	-0,07	-0,02	-0,01	0,01	0,02	0,05	
Ácido ferúlico (%MS)	0,31	0,34	0,07	0,01	0,04	0,07	0,00	0,00	0,01	0,04	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	
N (%MS)	0,82*	0,75	0,73	0,67	0,59	0,60	0,62	0,64	0,69	0,67	0,66	0,65	0,66	0,63	0,70	
C (%MS)	-0,53	-0,72	-0,65	-0,56	-0,60	-0,62	-0,63	-0,63	-0,62	-0,63	-0,64	-0,60	-0,59	-0,57	-0,60	
Polifenóis (%MS)	0,29	0,24	-0,02	-0,10	-0,08	-0,04	-0,10	-0,09	-0,08	-0,05	-0,01	0,01	0,04	0,03	0,06	
RCN ¹	-0,86*	-0,82*	-0,78*	-0,70	-0,64	-0,64	-0,67	-0,68	-0,72	-0,72	-0,72	-0,69	-0,70	-0,67	-0,75	
RLN ²	-0,78*	-0,80*	-0,82*	-0,83*	-0,77*	-0,76*	-0,78*	-0,80*	-0,82*	-0,84*	-0,84*	-0,84*	-0,84*	-0,83*	-0,87*	
Folha (%MS)	0,00	-0,06	-0,30	-0,28	-0,27	-0,24	-0,31	-0,31	-0,31	-0,27	-0,23	-0,18	-0,16	-0,14	-0,15	
Colmo (%MS)	0,01	-0,27	-0,27	-0,23	-0,29	-0,31	-0,31	-0,32	-0,28	-0,32	-0,32	-0,30	-0,28	-0,27	-0,27	
Inflorescência (%MS)	-0,01	0,19	0,39	0,36	0,38	0,37	0,43	0,43	0,41	0,39	0,36	0,31	0,28	0,26	0,27	
IQB ³	0,70	0,70	0,77*	0,80*	0,73	0,74	0,77*	0,78*	0,81*	0,80*	0,79*	0,80*	0,80*	0,78*	0,82*	

1-RCN: relação C/N; 2-RLN: relação lignina/N; 3-IQB: índice de qualidade de biomassa: $[1 / (0,2047 C/N + 0,4381 \text{ lignina} + 0,3572 \text{ polifenóis})] \times 100$

*,** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t

Os teores de N e de lignina, a relação C/N, a relação L/N e o IQB, que apresentaram correlação significativa com a mineralização acumulada, foram utilizados para o desenvolvimento da seguinte equação de regressão múltipla, que expressa uma estimativa da mineralização através das variáveis que afetam esse processo:

$$\text{Mineralização de C acumulada (\%)} = 356,6 + (23,6 \times \text{RLN}) - (26,6 \times \text{N}) - (17,9 \times \text{LIG}) - (7,4 \times \text{RCN}) - (1,3 \times \text{IQB})$$

Essas variáveis representaram 92,3% dos valores observados para a mineralização acumulada/remanescente de C para os genótipos avaliados e pode ser utilizada como uma estimativa da mineralização de C na biomassa de aveia-preta de distintos materiais, servindo como avaliação adicional na seleção de linhagens para uso como cobertura.

Para a análise multivariada, foram excluídos os caracteres para os quais os genótipos não diferiram pela análise de variância. Dessa forma, dos treze caracteres, apenas sete foram utilizados: massa verde e massa seca, produtividade de C, alocação em inflorescência, teor de ácido ferúlico, relação L/N e mineralização acumulada de C. O teor de polifenóis foi eliminado da análise de dissimilaridade, pois, como deriva da integração dos teores de ácido ferúlico e p-cumárico, apresenta elevada covariância com o teor de ácido ferúlico.

A alocação da MS em inflorescência foi o caractere com a maior contribuição relativa para variabilidade genética entre os genótipos (Tabela 7). Essa característica foi variável entre genótipos (Figura 3), o que pode ter sido devido à diferença de ciclo entre eles.

Tabela 7 - Contribuição relativa de caracteres de genótipos de aveia-preta, colhidos em estágio de florescimento pleno, pelo método de Singh (1981)

Caractere	Contribuição relativa (%)
Proporção de inflorescência na biomassa	56,4
Produtividade de massa verde	28,1
Mineralização de C acumulada	9,38
Relação L/N	3,51
Produtividade de massa seca	2,16
Produtividade de C	0,36
Teor de ácido ferúlico	0,08

A maior dissimilaridade foi entre os genótipos Agro Quaraí e Agro Coxilha (Tabela 8), que está evidenciada no dendrograma (Figura 8). Os resultados corroboram com aqueles obtidos com as análises de mineralização de C, reforçando a significância das variáveis utilizadas para o cálculo da importância de caracteres como os fatores responsáveis pelas diferenças observadas.

Tabela 8 – Matriz de dissimilaridade entre genótipos de aveia-preta, colhidos no estágio de florescimento pleno, com base na distância de Mahalanobis

Genótipo	Agro Coxilha	Agro Zebu	Agro Planalto	Agro Quaraí	Alpha	Iapar61 (Ibiporã)
Agro Zebu	51,3					
Agro Planalto	89,8	33,5				
Agro Quaraí	194,2	57,6	51,8			
Alpha	106,3	28,7	9,2	20,9		
Iapar 61(Ibiporã)	39,5	14,1	23,5	94,5	39,3	
UPFA 21 - Moreninha	131,0	25,6	41,8	51,7	42,7	32,9

O grupo I apresentou valores intermediários de produtividade de MV, MS, C, proporção de inflorescência e relação L/N (Tabela 9). O grupo II destacou-se pela maior relação L/N e pela menor proporção de inflorescência. O grupo III agrupou os genótipos Agro Zebu, UPFA 21 - Moreninha e Iapar 61(Ibiporã), que, pelas

características, exibem maior aptidão para cobertura de solo, em relação às demais. Já, o grupo IV apresentou as menores produtividades de MV, MS, C, teor de ácido ferúlico e maior proporção de inflorescência na biomassa.

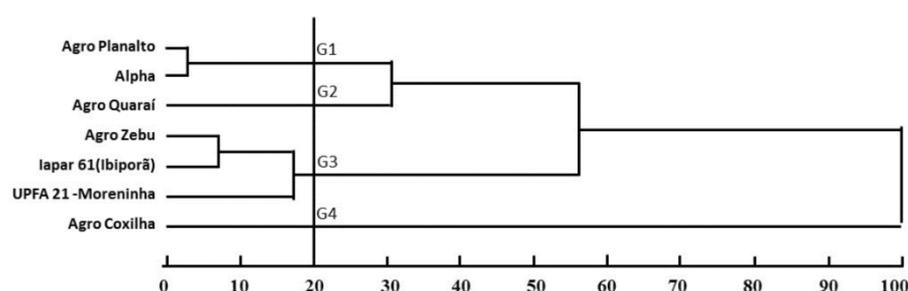


Figura 8 - Dendrograma de dissimilaridade obtido pelo método de Ward, a partir da distância generalizada de Mahalanobis, entre de genótipos de aveia-preta, colhidos no estágio de florescimento pleno, com base na produtividade de massa verde e massa seca, produtividade de carbono, proporção de inflorescência, teor de ácido ferúlico, relação lignina/nitrogênio e mineralização acumulada de carbono.

Tabela 9 – Grupos formados pelo dendrograma de dissimilaridade obtido pelo método de Ward, a partir da distância generalizada de Mahalanobis entre genótipos de aveia-preta, colhidos no estágio de florescimento pleno, agrupados com base na produtividade de massa verde (MV) e massa seca (MS) ($t\ ha^{-1}$), produtividade de carbono (C), proporção de inflorescência (I) na biomassa, teor de ácido ferúlico (AF), relação lignina/nitrogênio (L/N) e proporção de carbono mineralizado da biomassa (CM).

Grupo	Genótipo	Caractere						
		MV	MS	C	I	AF	L/N	CM
I	Agro Planalto e Alpha	18,3	4,9	2,0	25	0,85	7,0	20,8
II	Agro Quaraí	20,4	5,5	2,3	21	0,70	8,2	22,4
III	Agro Zebu, Iapar 61(Ibiporã) e UPFA 21 - Moreninha	19,1	5,5	2,2	26	0,76	5,9	18
IV	Agro Coxilha	13,8	3,9	1,6	33	0,50	6,9	20,5

4 CONCLUSÕES

Há variabilidade entre genótipos de aveia-preta quanto aos caracteres químicos vinculados à degradabilidade da biomassa, como o teor de ácido ferúlico, polifenóis, relação lignina/nitrogênio e índice de qualidade de biomassa.

As cultivares Agro Zebu, Iapar 61(Ibiporã) e UPFA 21 – Moreninha, pela menor mineralização do carbono, mostram maior aptidão para cobertura do solo em relação às cultivares Agro Coxilha, Agro Quaraí, Agro Planalto e à linhagem Alpha 08626.

A relação lignina/N e o cálculo do índice de qualidade da biomassa (IQB) podem ser utilizados em seleções precoces como indicadores de materiais com maior potencial para uso como cobertura do solo.

CAPÍTULO II

VARIABILIDADE EM GENÓTIPOS DE AVEIA-PRETA QUANTO À APTIDÃO PARA COBERTURA DE SOLO COM BASE EM CARACTERES AGRONÔMICOS, QUÍMICOS E MORFOLÓGICOS

SÍLVIA ORTIZ CHINI¹

RESUMO - A aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) cultivada para cobertura do solo ou produção de palha é uma das estratégias de manejo do sistema de plantio direto. As características agronômicas, morfológicas e químicas dessa espécie podem conferir maior ou menor aptidão para utilização como cultura de cobertura. Este trabalho teve como objetivo geral verificar se há variabilidade em genótipos de aveia-preta quanto a caracteres agronômicos, morfológicos e químicos e quanto à associação desses com o índice de qualidade da cobertura, a fim de subsidiar a seleção dos genótipos quanto à aptidão de cobertura. Foram testadas seis genótipos (Agro Coxilha, Agro Planalto, Agro Zebu, Agro Quaraí, Iapar 61(Ibiporã) e UPFA 21 - Moreninha) e uma linhagem (Alpha 08626). Os ensaios foram conduzidos no campo, em 2015, em delineamento experimental completamente casualizado, com três repetições. As avaliações compreenderam caracteres agronômicos como ciclo, produtividade e alocação da massa seca da parte aérea, caracteres químicos como teor de lignina (L), hemicelulose, relação carbono/nitrogênio (C/N), relação lignina/nitrogênio (L/N) e caracteres morfológicos como comprimento e diâmetro de colmo, por exemplo. O

¹ Bióloga, Mestre em Agronomia e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF.

germoplasma exibiu variação quanto a produtividade e alocação da biomassa, teor de parede celular e de lignina. Esses caracteres, incluindo as relações C/N e L/N apresentaram correlação com a qualidade da cobertura quanto à degradabilidade sobre o solo. Esses caracteres traduzem a variabilidade quanto à cobertura do solo e produtividade de palha e podem subsidiar programas de melhoramento para a seleção de aveia-preta utilizada para cobertura do solo.

Palavras-chave: *Avena strigosa*, biomassa, lignina, palhada.

**VARIABILITY OF THE APTITUDE BLACK OAT
GENOTYPES FOR SOIL COVERAGE BASED ON
AGRONOMIC, CHEMICAL, AND MORPHOLOGICAL
TRAITS**

ABSTRACT - Black oat (*Avena strigosa* Schreb.) cultivated for soil cover or straw production it is one of the management strategies of the no-tillage system. The agronomic, morphological, and chemical traits of this species may confer greater or less suitability for use as a cover crop. The objective of this work was to verify whether there is variability in black oat genotypes with respect to agronomic, morphological, and chemical traits and their association with cover quality index, in order to facilitate the selection of cultivars with respect to suitability for soil cover. Six cultivars (Agro Coxilha, Agro Planalto, Agro Zebu, Agro Quaraí, Iapar 61(Ibiporã) e UPFA 21 - Moreninha) and one lineage (Alpha 08626) were tested. The trials were conducted in the field, in 2015, in a completely randomized design with three

replicates. The evaluations included agronomic characters such as cycle; shoot dry mass productivity and allocation; chemical characters such as lignin (L) and hemicellulose content, carbon/nitrogen (C/N) ratio, lignin/nitrogen (L/N) ratio; and morphological characters such as stem length and diameter. The genotypes exhibited variation with respect to biomass productivity and allocation and, cell wall and lignin content. These characters, including the C/N and L/N ratios, correlated with the soil cover quality and degradability. These characters are indicative of variability with respect to soil cover and straw productivity and may aid breeding programs in the selection of black oat varieties suited for soil cover.

Key words: *Avena strigosa*, biomass, lignin, straw.

1 INTRODUÇÃO

Plantas de cobertura são utilizadas para diversas finalidades, mas, principalmente, para a proteção de solos agrícolas. No sistema de plantio direto é prática comum, para a produção de palha, pois a manutenção de elevada quantidade de resíduos orgânicos sobre a superfície do solo auxilia no controle da mineralização de nitrogênio (N) e carbono (C) orgânico do solo (BLANCO-CANQUI, 2013).

Existem alguns requisitos para que as plantas sejam consideradas boas culturas de cobertura, incluindo: rusticidade, rápido crescimento, baixo custo, fácil implantação, estabelecimento e manejo, supressão plantas daninhas e apresentarem efeito residual favorável sobre as culturas em sucessão (FLORENTÍN et al., 2010). Para isso,

devem produzir elevadas quantidades de massa verde e seca, de preferência, de lenta decomposição (MONEGAT, 1991).

A decomposição dos resíduos é dependente de características químicas da planta, especialmente dos teores de N, C e lignina, e suas relações. A relação C/N é a principal característica capaz de interferir no processo de decomposição da palhada (SENEVIRATNE, 2000; TRINSOUTROT et al., 2000; CRUSCIOL et al., 2008) e, juntamente, com outros caracteres químicos, como o teor de lignina e a relação lignina/N, determina a qualidade da cobertura formada (JOHNSON et al., 2007).

Tais caracteres guardam relação com a morfologia dos caules e a proporção desse componente na biomassa aérea das plantas de cobertura. O caule é o órgão que detém maior conteúdo de tecidos estruturais e, portanto, maior teor de lignina. Assim, plantas que tenham maior proporção de massa seca nesse órgão, em relação à folha, terão degradação mais lenta em relação àquelas com relação inversa.

Dentre as plantas mais utilizadas para a cobertura do solo e produção de palha está a aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), já que ela cumpre com os requisitos para tal propósito. O melhoramento genético dessa gramínea tem como protocolo de avaliação, a produtividade de massa seca, mediante cortes na estação de crescimento e ciclo, com vistas ao seu uso como planta de cobertura (LÂNGARO & CARVALHO, 2014). Assim, caracteres que tem influência na qualidade da biomassa para o propósito de formação de cobertura ou produtividade da “palhada” são desconsiderados.

O germoplasma de aveia-preta exibe variabilidade genética quanto aos caracteres forrageiros (MACHADO, 2000; LÂNGARO & CARVALHO, 2014). Assim, presume-se que haja variabilidade quanto ao seu desempenho como planta de cobertura. Objetivou-se avaliar se há variabilidade em germoplasma de aveia-preta quanto a caracteres agronômicos, morfológicos e químicos, que possivelmente tenham associação com a qualidade da cobertura, a fim de subsidiar a seleção e a classificação dos genótipos quanto à aptidão de cobertura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e período

O trabalho foi conduzido em Passo Fundo, na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, com coordenadas de 28° 15' S, 52° 24' W e a 687 m de altitude, entre junho e novembro de 2015. O clima é fundamental úmido (Cfa) e variedade subtropical (Cfa), com temperatura média anual de 22 °C (KUINCHTNER & BURIAL, 2001). As temperaturas médias, a precipitação pluvial mensal e as normais regionais relativas ao período experimental constam nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento constou da avaliação de seis genótipos (Agro Coxilha, Agro Planalto, Agro Zebu, Agro Quaraí, Iapar 61(Ibiporã), UPFA 21 - Moreninha) e uma linhagem (Alpha 08626) de aveia-preta. O delineamento experimental foi completamente

casualizado, com três repetições. Cada parcela foi constituída de cinco linhas de 2,5 m de comprimento e com 0,2 m de espaçamento entre linhas, resultando em área final de 2,5 m².

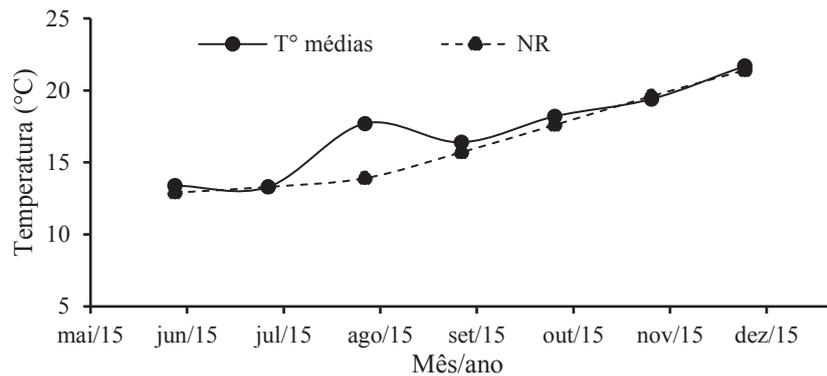


Figura 1 - Temperaturas médias ocorridas no período experimental e normais regionais (NR). [Fonte: Embrapa Trigo].

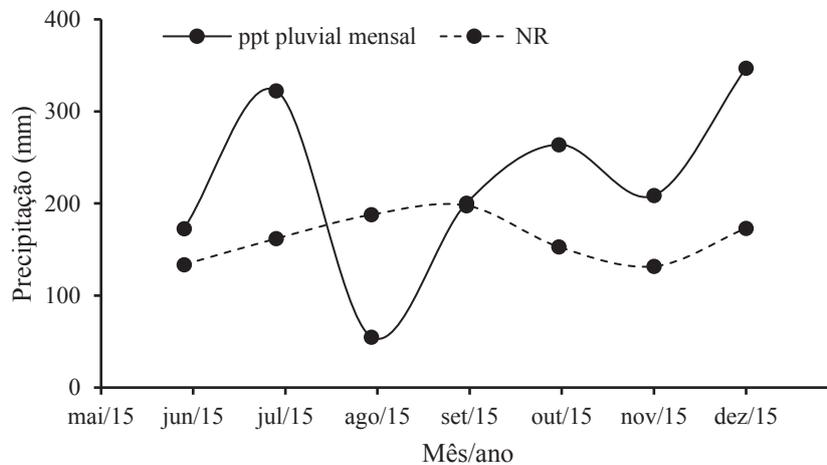


Figura 2 - Precipitação pluvial mensal ocorrida no período experimental e normais regionais (NR). [Fonte: Embrapa Trigo].

2.3 Preparo da área experimental, semeadura e condução do experimento

O solo foi amostrado e analisado, conforme procedimentos descritos em Tedesco et al. (1995) (Tabela 1).

Tabela 1 - Atributos físico-químicos do solo utilizado para o cultivo de genótipos de aveia-preta na Universidade de Passo Fundo, 2015

Atributo	Valor
Argila (%)	39,5
pH em H ₂ O	5,0
Índice SMP	5,5
P (mg dm ⁻³)	25,5
K (mg dm ⁻³)	286,0
Matéria orgânica (%)	3,3
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,7
Ca (cmol _c dm ⁻³)	4,6
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,4
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	7,7
CTC (cmol _c dm ⁻³)	14,4
Saturação por bases (%)	46,0
Saturação por Al (%)	9,0
Saturação por K (%)	5,1

A adubação de sementeira foi feita com 200 kg ha⁻¹ de adubo N-P₂O₅-K₂O de fórmula 7-14-32. A sementeira ocorreu em 03/06, com densidade de 300 sementes aptas.m⁻². As plantas receberam adubação de cobertura quando iniciaram o afilhamento, com 30 kg ha⁻¹ de N.

As plantas foram submetidas a um corte único no estágio de florescimento pleno (Escala de Zadoks 6.5), com no mínimo 50% das plantas com 50% das panículas totalmente expostas. O corte da biomassa rente ao solo ocorreu com auxílio de quadrado metálico (0,25 m²), que foi lançado duas vezes, aleatoriamente, dentro da parcela resultando em uma área amostral de 0,5 m², equivalendo à 1 m linear em 3 linhas de sementeira (espaçamento 0,2 m).

Os atributos agronômicos avaliados foram: ciclo, produtividade de massa verde (MV), de massa seca (MS) e alocação de

biomassa. O ciclo, caracterizado como atributo agrônômico, foi estipulado através da contagem de dias entre semeadura e florescimento pleno de cada genótipo.

O material cortado foi pesado para a quantificação da produtividade de MV e, do montante, foi retirada uma amostra de, aproximadamente, 500 g para determinação de produtividade MS, mediante secagem a $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, em estufa de ar forçado, até peso constante. Posteriormente, o material foi moído em moinho tipo Wiley (0,5 mm) e direcionado às avaliações químicas.

Além disso, dez plantas foram submetidas à separação dos componentes da parte aérea (folha, caule e inflorescência) para determinação da alocação de biomassa. Os componentes foram secos, a $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ por 72 h, com posterior pesagem.

Outras dez plantas foram separadas para a determinação dos caracteres morfológicos: comprimento de colmo, diâmetro de entrenó e número de nós. O comprimento de colmo foi mensurado entre a base da planta até a inserção da panícula do colmo principal; o diâmetro de entrenó foi mensurado na porção mediana do 2º entrenó, da base para o ápice do colmo principal, com auxílio de paquímetro; já o número de nós foi feito através da contagem direta dos nós do colmo principal.

As avaliações relacionadas à composição química executadas nos genótipos de aveia-preta utilizadas como cobertura de solo constam na Tabela 2.

Para a determinação do teor de ácidos ferúlico e p-cumárico através de cromatografia líquida de alta eficiência (FAVARETTO, 2014) foi necessário executar o processo de extração dos ácidos

fenólicos. O processo de extração diferenciou-se da metodologia original, utilizando-se de metodologia adaptada e baseada em Deschamps & Ramos (2002). Para tal, 0,05 g de parede celular, preparadas previamente, foram submetidas à extração em tubo de ensaio com 5 ml de NaOH 1 mol L⁻¹ por 2 h e 45 min, a 40 °C com sonicação. Após este período o material foi acidificado para pH 2,5 com a adição de 0,9 mL de solução de ácido fosfórico:H₂O (1:1). Após uma noite em geladeira, o material foi centrifugado (6000 rpm por 5 minutos) e 250 µL do sobrenadante foi diluído em 750 µL de fase móvel (75% H₂O; 25% acetonitrila) e injetado no cromatógrafo. A partir dos valores obtidos através da injeção foram feitos os cálculos dos teores de ácidos ferúlico e p-cumárico contido na matéria seca de aveia-preta.

Tabela 2 – Avaliações quanto à composição química (% MS) avaliadas nos genótipos de aveia-preta

Atributo	Método de referência para extração e/ou determinação
Teor de carbono (C)	Walkley-Black modificado por Tedesco et al. (1995)
Teor de nitrogênio (N)	Walkley-Black modificado por Tedesco et al. (1995)
Relação C/N	Teor de C/ teor de N
Hemicelulose	Van Soest et al. (1991)
Ácido ferúlico	Deschamps & Ramos (2002); Favaretto (2013)
Ácido p-cumárico	Deschamps & Ramos (2002); Favaretto (2013)
Polifenóis	∑ ácidos ferúlico e p-cumárico
Parede celular	Fukushima & Kerley (2011)
Lignina	Fukushima et al. (2015)
Índice de qualidade de biomassa	Tian et al.(1995)
Fibra insolúvel em detergente neutro (FDN)	Van Soest et al. (1991)
Fibra insolúvel em detergentet acido (FDA)	Van Soest et al. (1991)
Teor de MS definitiva	Van Soest et al. (1991)

O índice de qualidade da biomassa (IQB) foi calculado de acordo com o descrito em Tian et al. (1995), utilizando a equação:

$$IQB = [1 / (a * C/N + b * lignina + c * polifenóis)] \times 100$$

na qual a, b e c são os coeficientes de contribuição relativa para a divergência de cada variável entre os genótipos (SINGH, 1981), divididos por 100. Para polifenóis, utilizou-se o somatório dos teores de ácidos ferúlico e p-cumárico. Quanto mais baixo o valor do IQB, menor é a decomposição da biomassa e, conseqüentemente, melhor é a qualidade do resíduo.

2.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Posteriormente, foi realizada a análise de correlação de Pearson, a fim de verificar a associação entre os caracteres. Com base nas variáveis em que houve diferença entre os genótipos foi gerada a matriz de distâncias de Mahalanobis e um dendrograma pelo método de Ward.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A duração do período entre semeadura e florescimento pleno determinaram diferentes ciclos entre os genótipos (Tabela 3).

O ciclo da emergência ao florescimento varia de acordo com a cultivar e é um dos atributos que influenciam a escolha de genótipos para uso em cobertura (FLORENTÍN et al., 2010). Baseando-se apenas no ciclo de crescimento, os genótipos de ciclo precoce e médio estariam entre os preferenciais para a cobertura do solo para as condições do Sul do Brasil. Os genótipos de aveia de ciclo longo, como

Iapar 61(Ibiporã), apesar de alcançarem alta produtividade de forragem e de palhada, são mais aptos para utilização em sistemas que requerem plantios mais tardios de culturas de verão (DEMÉTRIO et al., 2012).

Tabela 3 - Ciclo de genótipos de aveia-preta por ocasião do corte em estágio de florescimento pleno

Cultivar	Dias entre semeadura e florescimento pleno	Ciclo*
Agro Coxilha	98	Precoce
Agro Planalto	98	Precoce
Agro Zebu	105	Médio
Agro Quaraí	98	Precoce
Alpha	98	Precoce
Iapar 61(Ibiporã)	138	Tardio
UPFA 21 - Moreninha	105	Médio

*Classificação baseada em CBPA (2014).

Uma vez que o ciclo da cultura de cobertura tenha terminado, a durabilidade da cobertura morta sobre o solo depende da quantidade e distribuição da biomassa produzida (FLORENTÍN et al., 2010). Neste trabalho, observou-se variabilidade quanto a produtividade de biomassa no estágio de florescimento pleno (Figura 3). A produtividade de MV de aveia-preta varia entre 15 e 24 t ha⁻¹ (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014) e entre 3,0 e 7,5 t ha⁻¹ de MS (CERETTA et al., 2002; BERWANGER et al., 2003; CRUSCIOL et al., 2008; VAZ DE MELO et al., 2011; LÂNGARO & CARVALHO, 2014).

As diferenças foram mais evidentes considerando-se a produtividade de MS, em que o genótipo. Iapar 61(Ibiporã), isoladamente, foi a que se destacou pela maior produtividade, superando as demais entre 22 e 47% (Figura 3). A superioridade de produtividade de biomassa dessa cultivar é reconhecida (LÂNGARO &

CARVALHO, 2014) e está relacionada ao ciclo tardio (FLORENTÍN et al., 2010). Os genótipos de ciclo mais precoce e médio tendem a ter menor produtividade de biomassa do que genótipos de ciclo tardio, que chegam a ser até 46% mais produtivas do que aquelas de ciclo precoce (DEMÉTRIO et al., 2012).

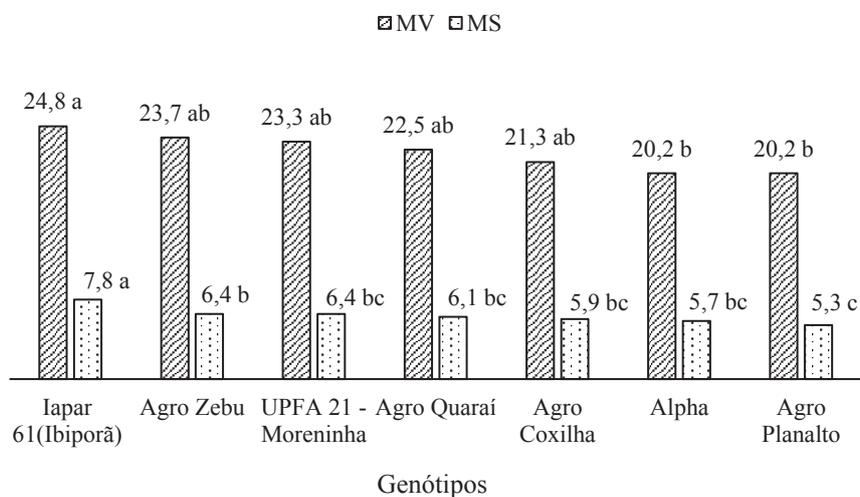


Figura 3 - Produtividade de massa verde (MV) e massa seca (MS) (t ha⁻¹) de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno. [Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença significativa entre genótipos em cada atributo, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)].

A alocação de MS variou entre os genótipos, mas o colmo foi o componente majoritário, seguido de folha e inflorescência (Figura 4). O genótipo. Iapar 61(Ibiporã) mostrou a maior proporção de colmos e a menor proporção de inflorescências entre os genótipos. Esse modelo está relacionado ao ciclo de desenvolvimento, uma vez que os genótipos de ciclo precoce e médio apresentaram maior proporção de

inflorescência e menor proporção de colmos do que Iapar 61(Ibiporã), de ciclo tardio.

A proporção dos diferentes componentes da planta pode influenciar a cinética de decomposição dos materiais (PACIULLO, 2002) e, conseqüentemente, a durabilidade da cobertura sobre a superfície do solo. Os órgãos reprodutivos possuem maior recalcitrância devido ao maior teor de parede celular do que colmos e folhas (RANCOUR et al., 2012). Já, os colmos possuem maior recalcitrância do que folhas devido ao seu maior teor de fibras e lignina (REIS et al., 1992; RANCOUR et al., 2012). Assim, quanto mais elevada a proporção de componentes de maior recalcitrância (colmo e inflorescência), mais lenta é a degradabilidade do material.

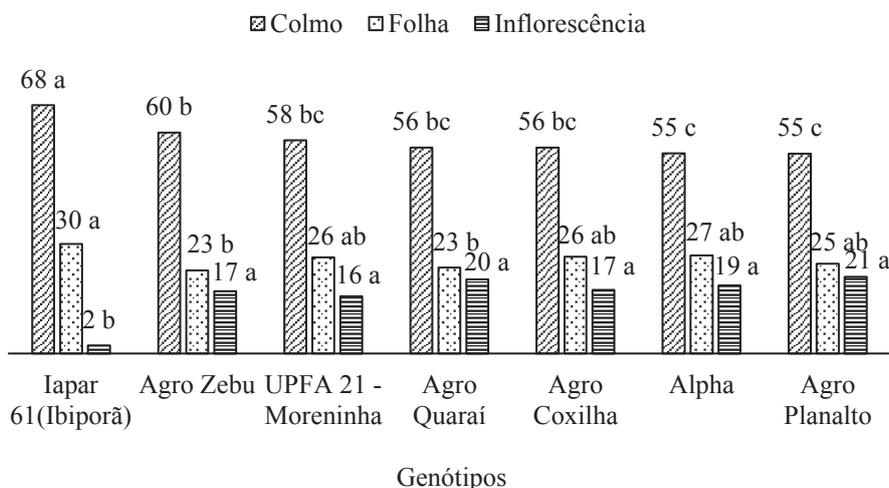


Figura 4 - Proporção (%) de colmo, folha e inflorescências na massa seca de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno. [Letras diferentes sobre as colunas, em cada componente, indicam diferença significativa entre os genótipos, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)].

Não foi observada diferença significativa entre os genótipos quanto ao comprimento de colmo ($90,2 \text{ cm} \pm 8,7$), número de nós ($5 \pm$

0,3) e diâmetro de entrenó ($4 \text{ mm} \pm 0,4$) (dados não mostrados). As características relativas ao colmo podem ser critérios adicionais na seleção de linhagens em aveia-preta, por estarem intimamente ligados a substâncias recalcitrantes que determinam degradabilidade da palha. Para a maioria das gramíneas, os colmos são os componentes da planta que apresentam o maior conteúdo de lignina (JUNG & VOGEL, 1992) devido à função de sustentação da planta (PACIULLO, 2002).

Não houve variabilidade quanto aos teores de C ($40\% \pm 0,6$), N ($2,0\% \pm 0,2$), hemicelulose ($23\% \pm 2,8$), ácido ferúlico ($1,0\% \pm 0,3$) e ácido cumárico ($1,0\% \pm 0,5$), bem como as relações C/N ($26 \pm 3,2$) e lignina/N ($3,5 \pm 0,4$). Os teores de C e N relatados na literatura ficam próximos a 44% e 1,1% respectivamente (AITA & GIACOMINI, 2003). Os teores de ácido ferúlico, assim como os de ácido p-cumárico, estão dentro do esperado, que, em gramíneas é, em média, entre 3 e 4% do teor de parede celular (MAC ADAM & GRABBER, 2002).

Dentre os caracteres químicos, apenas para os teores de parede celular e lignina foi observada diferença entre os genótipos (Figura 5). No entanto, a variabilidade foi pequena, já que somente os genótipos Agro Zebu e UPFA 21 - Moreninha tiveram teor de parede celular inferiores às demais, e, para lignina, diferiram apenas da Iapar 61(Ibiporã).

Os teores de parede celular e de lignina estão intimamente relacionados, pois a deposição da lignina ocorre nas camadas da parede celular. Dessa forma explica-se o resultado da similaridade entre o maior teor de lignina e o maior teor de parede celular em Iapar 61(Ibiporã) e os menores em Agro Zebu e UPFA 21 - Moreninha.

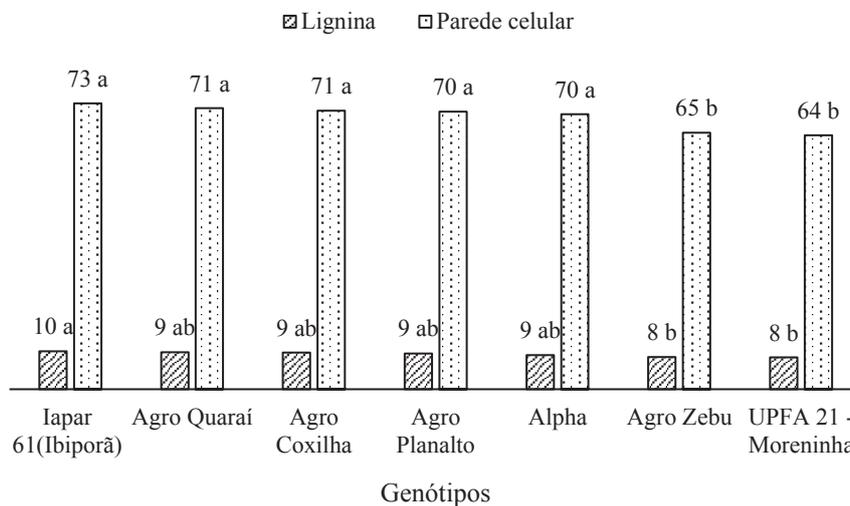


Figura 5 - Teor (%) de parede celular e lignina de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno. [Letras diferentes sobre as colunas, em cada componente química, indicam diferença significativa entre genótipos, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)].

A lignina é o material estruturante que fornece rigidez e resistência às paredes celulares e, juntamente, com a celulose e hemicelulose, responde por mais de 80% da palhada de aveia-preta (GHAFFAR & FAN, 2013). A reduzida solubilidade da parede celular e da lignina em gramíneas é atribuída, principalmente, à presença de ácido ferúlico e p-cumárico, que atuam nas ligações cruzadas entre os carboidratos da parede celular (celulose e hemicelulose) com a lignina. Essas ligações cruzadas podem afetar drasticamente as propriedades mecânicas e a biodegradabilidade da palhada (GHAFFAR & FAN, 2013), o que afeta o valor das plantas para cobertura do solo. Dessa forma, considerando apenas o caractere lignina, os genótipos deveriam apresentar maior aptidão à cobertura. Porém, a lignina, por si só, não é

boa preditora da degradação da biomassa (TRINSOUTROT et al., 2000; REDIN et al., 2014), e apenas a interação entre lignina, hemicelulose e celulose seria capaz de fornecer tal compreensão (MACHINET et al. 2009, 2011).

O menor índice de qualidade de biomassa (IQB) foi de Iapar 61(Ibiporã) diferenciando-se de UPFA 21 - Moreninha e Agro Zebu (Figura 6). O cálculo do IQB (TIAN et al., 1995) foi desenvolvido a partir dos coeficientes de contribuição relativa para a divergência (SINGH, 1981), e para o presente trabalho, resultou na seguinte equação:

$$\text{IQB} = [1 / (0,1159 \text{ C/N} + 0,6601 \text{ lignina} + 0,2238 \text{ polifenóis})] \times 100$$

Entre as três variáveis que compuseram o cálculo do IQB, o teor de lignina apresentou o maior peso sobre a variabilidade entre genótipos, com 66% de contribuição, seguida do teor de polifenóis (22%) e da relação C/N (12%) (dados não mostrados). Assim, a diferença entre Iapar 61(Ibiporã) e os genótipos UPFA 21 - Moreninha ou Agro Zebu foi resultante das diferenças do seu teor de lignina, pois a relação C/N e o conteúdo de polifenóis não variou entre elas.

O IQB foi proposto por Tian et al. (1995) para integrar os efeitos da relação C/N, teor de lignina e polifenóis sobre o solo ou culturas seguintes, em que índices elevados caracterizam a elevação das taxas de decomposição. No seu estudo, plantas com IQB's entre 8 e 10 aumentaram o rendimento das culturas em sucessão, o que foi relacionado à liberação de nutrientes dos resíduos vegetais para a microbiota do solo.

Neste estudo, os IQB's foram superiores aos encontrados para a palha de milho (4,7) e arroz (4,9) colhidos em estágio de maturação plena (TIAN et al., 1995), que pode ser explicado pela elevada relação C/N destes materiais (42%) quando comparada à da aveia-preta (26%) (BAUER & REEVES, 1999). Mesmo obtendo elevado IQB, a aveia-preta é conhecida pelo seu elevado potencial como cultura de cobertura, dada a elevada permanência de sua palha sobre o solo (AITA et al., 2006), se comparado com cevada (*Hordeum vulgare* L.) (CHANTIGNY et al., 2001) e trigo (*Triticum aestivum* L.) (SAVIOZZI et al., 1997).

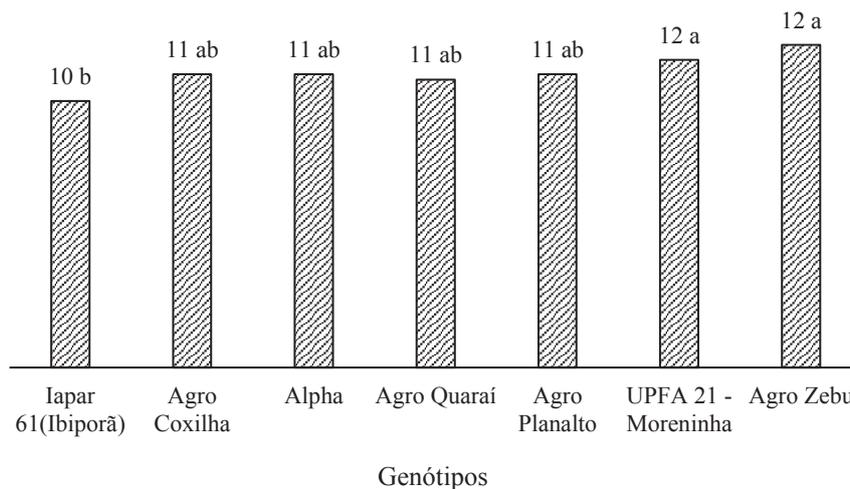


Figura 6 - Índice de qualidade de biomassa de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno. [Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença significativa entre genótipos, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)].

Apesar da diferença de ICB entre Iapar 61(Ibiporã) e os genótipos Agro Zebu e UPFA 21 - Moreninha, é provável que isso não seja suficiente para influenciar a degradabilidade da palhada e,

consequentemente, a liberação de nutrientes para a cultura sucessora, merecendo avaliações futuras a esse respeito. Isso porque Tian et al. (1995), ao compararem o efeito de resíduos vegetais de distinto IQB (IQB=8 e 0) sobre a superfície do solo e sobre culturas em sucessão, observaram que apesar do IQB de distintos resíduos possuírem diferença de 8 pontos, o rendimento de milho foi apenas 5% superior ao local que recebeu o resíduo com maior IQB, do que quando comparado ao local que recebeu o resíduo de menor IQB.

O IQB relaciona-se de formas distinta com as variáveis relacionadas à finalidade de cobertura (Tabela 4). Os resultados de correlação negativa entre IQB e o teor de lignina e a relação C/N já eram esperados, devido a estes caracteres estarem envolvidos no cálculo do índice. O IQB correlacionou-se negativamente com a relação L/N e com o teor de parede celular.

A correlação negativa entre a relação L/N e o IQB é devido ao fato de que lignina e nitrogênio agem sobre o controle da cinética de decomposição dos resíduos culturais, e sua relação L/N afeta a mineralização do C (TRINSOUTROT et al., 2000; AITA & GIACOMINI, 2003; LUPWAYI et al., 2005; MACHINET et al., 2011). O N ocorre como componente estrutural dos compostos recalcitrantes (STEVENSON, 1994), e alta disponibilidade de N nos períodos iniciais de decomposição inibem a síntese das enzimas lignolíticas. Os efeitos do N sobre a decomposição são observados nos períodos iniciais, enquanto que os efeitos da lignina são mais pronunciados em períodos avançados de decomposição (TRINSOUTROT et al., 2000). Por isso, a

relação L/N afeta a degradação da biomassa vegetal em toda sua duração.

Tabela 4 - Coeficientes de correlação simples entre caracteres agronômicos e químicos e o índice de qualidade de biomassa (IQB) de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno

Caractere	IQB
Massa verde	0,24
Massa seca	-0,08
Comprimento de colmo	0,66
Número de nós	0,61
Diâmetro de entrenó	0,51
Proporção de folha	-0,44
Proporção de colmo	-0,06
Proporção de inflorescência	0,21
Teor de carbono	-0,51
Teor de nitrogênio	0,80*
Relação C/N	-0,86*
Relação L/N	-0,97**
Teor de parede celular	-0,91**
Teor de hemicelulose	-0,63
Teor de lignina	-0,97**
Ácido p- cumárico	-0,32
Ácido ferúlico	0,11

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

O elevado coeficiente de correlação negativa entre IQB e o teor de parede celular decorre da amostragem ter sido realizada no florescimento pleno, quando há elevadas proporções de tecidos protetores e de resistência nos componentes da parte aérea das plantas (ARZANI et al., 2004). Assim, há elevado teor de parede celular, carboidratos estruturais e fibras (REIS et al., 1992; ARZANI et al., 2004; RANCOUR et al., 2012). Nesse estágio, as paredes celulares primárias e secundárias do xilema e do esclerênquima apresentam-se lignificadas, podendo ainda apresentar lignificação do tecido parenquimático e da epiderme (AKIN, 1989). Quanto maior o teor de

polímeros recalcitrantes na parede celular dos resíduos vegetais, maior a resistência à degradação (BERTRAND et al., 2006).

O cálculo do IQB é baseado em variáveis que apresentam correlação significativa, o que causa efeitos de multicolinearidade e viola as regras de regressão. Para a análise dos efeitos dos fatores isolados sobre a decomposição dos resíduos, há abordagens alternativas, como a análise de componentes principais (MOHAMMED et al., 2013). Como a análise de correlação pode apenas mostrar a associação entre características simples, a análise multivariada pode ser utilizada para quantificar as similaridades e dissimilaridades, bem como acessar a contribuição relativa de várias características para o total da variabilidade em coleções de germoplasma de aveia (PETERSON et al., 2005; IANUCCI, et al., 2011). Portanto, para a submissão dos dados à análise multivariada, foram excluídos os caracteres para os quais os genótipos não diferiram pela análise de variância e o IQB, pois esse índice deriva da integração de outros caracteres e apresenta elevada covariância com os mesmos, o que pode mascarar os resultados de dissimilaridade.

Dessa forma, dos 17 caracteres avaliados, apenas sete foram utilizados: massa verde, massa seca, proporção de inflorescência, colmo e folhas, teor de parede celular e de lignina. A partir da análise de componentes principais, baseada na união das características significativas para genótipos, foram formados dois eixos significativos (autovalor > 1,00) os quais acumularam 94,4% da variabilidade total encontrada entre genótipos (Tabela 5).

Tabela 5 - Análise dos componentes principais (CP) de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno associados a caracteres referentes às diferenças entre genótipos, mostrando os autovalores e o percentual da variação associada aos dois primeiros eixos e os autovetores dos caracteres para cada eixo

Variância	Componentes do eixo	
	CP1	CP2
Dos autovalores	74,1	14,2
Total (%)	79,2	15,2
Acumulada (%)	79,2	94,4
Caractere	Autovetor	
Massa verde	-0,33	-0,49
Massa seca	-0,18	-0,07
Proporção de folha	-0,20	0,33
Proporção de colmo	-0,53	-0,15
Proporção de inflorescência	0,73	-0,18
Teor de parede celular	-0,07	0,75
Teor de lignina	-0,01	0,17

A análise das variáveis que se relacionam com cada um destes eixos mostra que o componente principal 1 (CP1) está associado com as variáveis relacionadas à proporção de inflorescência, enquanto que o segundo componente (CP2) está mais associado ao teor de parede celular (Tabela 5). Dentre os caracteres que mais diferenciam os genótipos, o teor de parede celular foi o único que apresentou correlação com o IQB, e desta forma sugere-se que este caractere pode ser utilizado como marcador químico nos programas de melhoramento de aveia para cobertura do solo.

A análise de componentes principais pode ser utilizada para selecionar genótipos que resultem em combinações de características favoráveis para o uso em programas de melhoramento genético. A dispersão resultante da união dos dois primeiros componentes (CP1 x CP2) explicou 94,4% da variabilidade entre os genótipos (Figura 7). A dispersão em CP1 foi direcionada, principalmente, pela proporção de

inflorescências, enquanto a CP2 foi coordenada pelo teor de parede celular e pela produtividade de MV.

Dessa forma, os genótipos posicionados à esquerda da linha divisória vertical apresentaram menor proporção de colmos e maior de inflorescência entre os genótipos, e aqueles abaixo da linha divisória horizontal apresentaram o menor teor de parede celular e maior produtividade de matéria verde entre os genótipos.

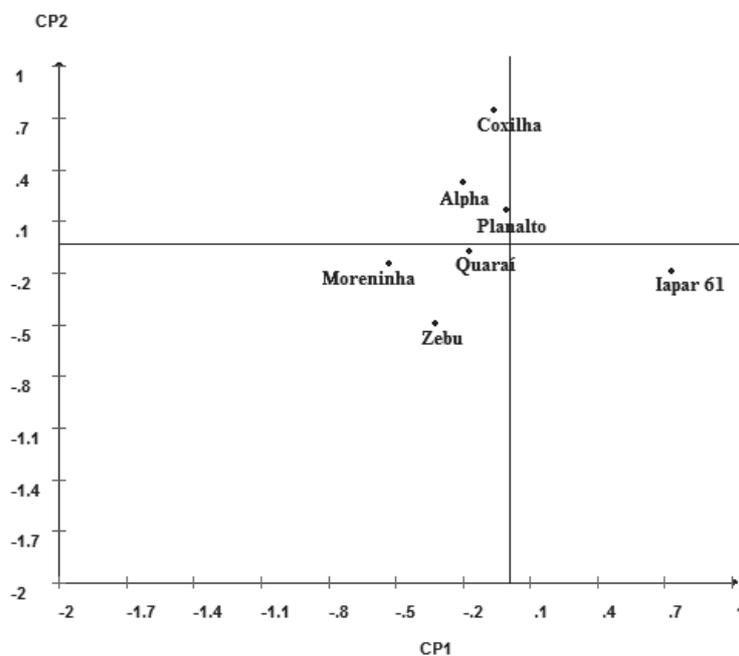


Figura 7 - Dispersão gráfica de genótipos de aveia-preta colhidos no estágio de florescimento pleno, obtida a partir da análise de componentes principais (CP1 x CP2) com base na massa verde, massa seca, proporção de inflorescência, colmo e folhas, teor de parede celular e de lignina.

A análise da dispersão formada pelos dois primeiros componentes principais possibilitou ainda a visualização do desempenho dos genótipos para as características avaliadas no

ambiente de cultivo. Observou-se que Agro Coxilha mostrou a maior instabilidade para as características avaliadas dentro do ambiente de cultivo, por apresentar a maior distância da linha que corta o eixo do CP2. O genótipo Agro Quaraí destacou-se como mais estável para as características avaliadas por apresentar a menor distância da linha que corta o eixo do CP2. Para o conjunto de características utilizadas para a elaboração da análise multivariada, o genótipo Iapar 61(Ibiporã) mostrou o melhor desempenho para as características avaliadas no ambiente testado, ilustrada pela maior distância do eixo y (CP2).

Considerando os sete caracteres em que os genótipos foram divergentes, a maior dissimilaridade foi entre os genótipos Iapar 61(Ibiporã) e Agro Planalto (Tabela 6) e a maior similaridade entre a linhagem Alpha e Agro Coxilha. Essas relações estão evidenciadas no dendrograma (Figura 8), que, num ponto de corte significativo de 10% da distância relativa entre genótipos, divide-os em três grupos (Tabela 7), de forma similar ao que foi ilustrado na dispersão de componentes principais (Figura 7).

Tabela 6 - Matriz de distâncias de Mahalanobis entre genótipos de aveia-preta, colhidos no estágio de florescimento pleno, com base na massa verde, massa seca, proporção de inflorescência, colmo e folhas, teor de parede celular e de lignina

Genótipo	Agro Coxilha	Agro Planalto	Agro Zebu	Agro Quaraí	Alpha	Iapar 61(Ibiporã)
Agro Planalto	19,9					
Agro Zebu	114,9	134,9				
Agro Quaraí	39,8	29,5	77,2			
Alpha	9,2	16,6	101,5	25,0		
Iapar 61(Ibiporã)	480,5	666,9	398,0	535,8	524,6	
UPFA 21 - Moreninha	85,2	122,5	20,5	85,6	69,1	368,7

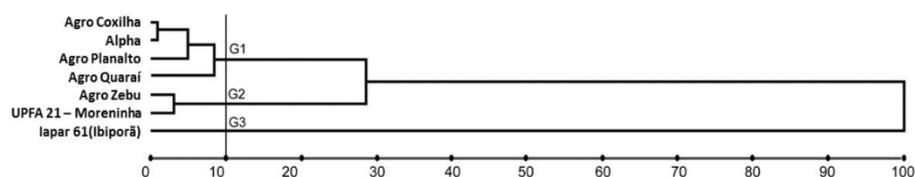


Figura 8 - Dendrograma de dissimilaridade obtido pelo método de Ward, a partir da distância generalizada de Mahalanobis entre genótipos de aveia-preta, colhidos no estágio de florescimento pleno, com base na produtividade de massa verde, massa seca, proporção de inflorescência, colmo e folhas, teor de parede celular e de lignina.

Tabela 7 - Grupos formados pelo dendrograma de dissimilaridade obtido pelo método de Ward, a partir da distância generalizada de Mahalanobis entre genótipos de aveia-preta, colhidos no estágio de florescimento pleno, com base na produtividade de massa verde (MV) e massa seca (MS) ($t\ ha^{-1}$), proporção de inflorescência (Infl.), colmo (C) e folhas (F) (% MS), teor de parede celular (PC) (%MS) e de lignina (L) (% MS)

Grupo	Genótipo	Caractere							
		MV	MS	Inflor.	C	F	PC	L	
I	Agro Coxilha, Alpha, Agro Planalto e Agro Quaraí	21,0	5,8	19,2	55,5	25,2	71	9	
II	Agro Zebu e UPFA 21 - Moreninha	23,5	6,4	16,5	59,0	24,5	65	8	
III	Iapar 61 (Ibiporã)	25,0	7,8	2,0	68,0	30,0	73	10	

A formação de distintos grupos mostra que há variabilidade no germoplasma de aveia-preta quanto aos caracteres vinculados à aptidão para cobertura. Por posicionar-se em um grupo isolado dos demais, o genótipo Iapar 61 (Ibiporã) é, por isso, a mais divergente, podendo ser considerado um potencial genitor em termos de valor genético a ser passado para os seus descendentes. A partir dela, novas combinações alélicas podem ser obtidas e selecionadas, facilitando a projeção dos trabalhos de melhoramento, encontrando assim genótipos distintos para futuros cruzamentos (ROTILI et al., 2012). O genótipo Iapar 61 (Ibiporã) foi selecionada dentro de população de aveia-preta-comum Paraná e lançada em 1993. Os outros genótipos utilizados no

trabalho, tanto da empresa Agroalpha, quanto da Universidade de Passo Fundo são oriundas de populações do Rio Grande do Sul. Os fatores geográficos, incluindo a distância entre as populações de origem é um fator que pode estar à diversidade genética entre genótipos (RAMANATHA et al., 2002). A distância geográfica é considerada indicadora de divergência genética e relaciona-se aos padrões de agrupamento em arroz, por exemplo (RAM & PANWAR, 1970).

A inexistência da variabilidade entre os genótipos de aveia-preta, quanto a diversos caracteres aqui avaliados, é resultado do estado inicial do melhoramento da espécie baseado na coleta de indivíduos com caracteres agronômicos superiores de populações de “preta-comum” (SILVEIRA et al., 2010).

Para a ampliação da variabilidade genética existente no gênero *Avena*, sugere-se a utilização de técnica como cruzamentos artificiais e mutações induzidas. Os cruzamentos artificiais planejados, com genitores escolhidos com base em caracteres agronômicos de interesse, são estratégias de sucesso, pois a hibridação artificial já teve sua eficiência comprovada para *Avena L.* e combina genes favoráveis provenientes de diferentes genitores (HARTWIG et al., 2007). Da mesma forma, técnicas de mutação induzida podem ser empregadas para criar novos genes que conferem vantagens evolutivas para determinados caracteres na seleção de genes superiores (OLIVEIRA et al., 2004; SILVEIRA, 2009; SILVEIRA et al., 2010)

4 CONCLUSÕES

Há variabilidade entre genótipos de aveia-preta quanto aos caracteres associados à qualidade da cobertura.

A produtividade de biomassa, que determina a quantidade do resíduo, e a alocação de biomassa, o teor de lignina e de parede celular, que tem correlação com a qualidade da cobertura quanto à degradabilidade sobre o solo, são caracteres que podem ser avaliados em estudos de variabilidade e subsidiar programas de melhoramento com seleção de aveia-preta para finalidade de cobertura do solo.

CAPÍTULO III

VARIABILIDADE EM GENÓTIPOS DE AVEIA-PRETA COM BASE EM CARACTERES ASSOCIADOS AO VALOR FORRAGEIRO

SÍLVIA ORTIZ CHINI¹

RESUMO- A aveia-preta destaca-se como a planta forrageira hibernal de maior relevância para pastagens subtropicais do Brasil. As características agronômicas, morfológicas, bromatológicas e anatômicas dessa espécie podem conferir maior ou menor aptidão para tal forma de utilização. Considerando que o germoplasma de aveia-preta exibe variabilidade genética quanto à aptidão forrageira, presume-se que esta variabilidade esteja relacionada a estes caracteres. O trabalho investigou a variabilidade e o aporte das características agronômicas, morfológicas, bromatológicas e anatômicas sobre o valor forrageiro dos genótipos, objetivando a seleção de caracteres para a utilização em programas de melhoramento. Para isso, foram testados seis genótipos (Agro Coxilha, Agro Planalto, Agro Zebu, Agro Quaraí, Iapar 61(Ibiporã) e UPFA 21 - Moreninha) e uma linhagem (Alpha 08626). Os ensaios foram conduzidos no campo, em 2014 e 2015, em delineamento experimental completamente casualizado, com três repetições. As avaliações compreenderam: produtividade e alocação da massa verde e seca da parte aérea, valor nutritivo, caracteres morfológicos e anatomia quantitativa. Os resultados apresentaram variabilidade em relação à aptidão forrageira. Os genótipos divergiram,

¹ Bióloga, Mestre em Agronomia e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF.

principalmente, quanto à alocação da massa seca, valor nutritivo e proporção de mesofilo. A análise de correlação mostrou elevada ($r > 0,85$) relação entre valor nutritivo e relação folha/colmo. A alocação em folhas e caules foi a característica que mais contribuiu para a divergência entre genótipos.

Palavras-chave: anatomia, *Avena strigosa*, bromatologia, forragem, valor nutritivo.

VARIABILITY AMONG BLACK OAT GENOTYPES WITH RESPECT TO CHARACTERS ASSOCIATED WITH FORAGE VALUE

ABSTRACT - Black oat is a winter forage plant of considerable relevance in subtropical Brazilian pastures. The agronomic, morphological, bromatological, and anatomical traits of this species may confer greater or less aptitude for the use of the species for this purpose. Considering that black oat germplasm exhibits variability with respect to suitability as forage, is likely to be related to these traits. The present study investigated this variability and the contribution of the agronomic, morphological, bromatological, and anatomical traits to the forage value of genotypes, with the ultimate goal to use these characters in breeding programs. For this, six cultivars (Agro Coxilha, Agro Planalto, Agro Zebu, Agro Quaraí, Iapar 61(Ibiporã) e UPFA 21 - Moreninha) and one lineage (Alpha 08626) were tested. The trials were conducted in the field, in 2014 and 2015, in a completely randomized design, with three replicates. Characters evaluated included: green and dry shoot mass production and allocation, nutritive value,

morphological and quantitative anatomy. The results indicated that variability existed in the assessed genotypes with respect to forage aptitude. The cultivars differed, mainly, regarding the dry mass allocation, nutritive value, and mesophyll proportion. The correlation analysis showed a high ($r > 0.85$) relation between nutritive value and leaf/stem ratio. Dry matter allocation to leaves and stems was the trait with the greatest contribution to the divergence between genotypes.

Key words: anatomy, *Avena strigosa*, bromatology, forage, nutritive value.

1 INTRODUÇÃO

A produção de forragem de elevada qualidade deve levar em conta fatores como a palatabilidade, o valor nutritivo, a digestibilidade, ao teor de nutrientes, e a presença de fatores anti-nutricionais (BALL et al., 2001). O valor nutritivo das plantas forrageiras pode influenciar direta ou indiretamente, o consumo de matéria seca pelos animais (VAN SOEST, 1994), e o conhecimento desse caractere é acessado por meio de análises químico-bromatológicas. Dessa forma, o estudo do teor de proteína bruta (PB), das fibras em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) e da digestibilidade da matéria seca assumem um papel relevante para a análise qualitativa das forragens (CECATO et al., 2001).

Visto que nem sempre as análises químico-bromatológicas explicam todas as variações no consumo das forrageiras, a anatomia vegetal é utilizada para a complementação da avaliação da qualidade e

do valor nutritivo das espécies forrageiras (LEMPP, 2007). Através da elucidação do arranjo e da proporção dos tecidos em distintos órgãos vegetais, os estudos anatômicos permitem a comparação de espécies ou genótipos e o acompanhamento do envelhecimento dos tecidos com a maturidade da planta (ALVES DE BRITO et al., 2004).

Assim, a caracterização anatômica das forrageiras tem sido utilizada para evidenciar os fatores envolvidos na digestão dos tecidos vegetais pelos ruminantes (ALVES DE BRITO & DESCHAMPS, 2001), relacionando a organização histológica à digestibilidade (AKIN, 1989; WILSON, 1997), à degradação ruminal (ALVES DE BRITO et al., 1999) e à composição bromatológica (BATISTOTI et al., 2012).

Dentre as forrageiras hibernais de maior relevância para pastagens subtropicais do Brasil, destaca-se a aveia-preta. A espécie é utilizada como forragem verde para pastejo, o fornecimento da massa verde no cocho ou em forma de pastagem conservada, como feno ou silagem (MOREIRA et al. 2008).

O melhoramento genético da aveia-preta no Brasil ainda é incipiente e o protocolo de avaliação é com base na produtividade estacional de massa seca na estação de crescimento. No entanto, a obtenção do potencial forrageiro de um genótipo requer a determinação não apenas do rendimento de forragem, mas também da sua qualidade.

Considerando que o germoplasma de aveia-preta exibe variabilidade genética quanto à aptidão forrageira (MACHADO, 2000; LÂNGARO & CARVALHO, 2014), presume-se que esta variabilidade esteja relacionada aos caracteres agronômicos, bromatológicos e anatômicos dos genótipos. Essa hipótese foi testada neste estudo, que foi desenvolvido com o objetivo de investigar a variabilidade entre

genótipos de aveia-preta quanto a caracteres vinculados ao valor forrageiro. Assim, os resultados aqui mostrados respondem às questões: (1). Qual a contribuição dos caracteres para a dissimilaridade entre os genótipos? (2). Qual o grau de associação entre esses caracteres? (3). Qual a variação do padrão histológico foliar dos genótipos?

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e período

O trabalho foi conduzido em Passo Fundo, na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, com coordenadas de 28° 15' S, 52° 24' W e a 687 m de altitude, entre junho e novembro de 2014 e 2015. O clima é fundamental úmido (Cfa) e variedade subtropical (Cfa), com temperatura média anual de 22 °C (KUINCHTNER & BURIAL, 2001). As temperaturas médias, precipitação total e normais regionais ocorridas durante o período experimental de 2015, no qual ocorreu o ensaio forrageiro, estão mostradas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento constou da avaliação de seis genótipos (Agro Coxilha, Agro Planalto, Agro Zebu, Agro Quaraí, Iapar 61(Ibiporã), UPFA 21 - Moreninha) e uma linhagem (Alpha 08626) de aveia-preta, em 2014 e 2015. O delineamento experimental foi completamente casualizado, com três repetições. Cada parcela foi constituída de cinco linhas de 2,5 m de comprimento e com 0,2 m de espaçamento entre linhas, resultando em área final de 2,5 m².

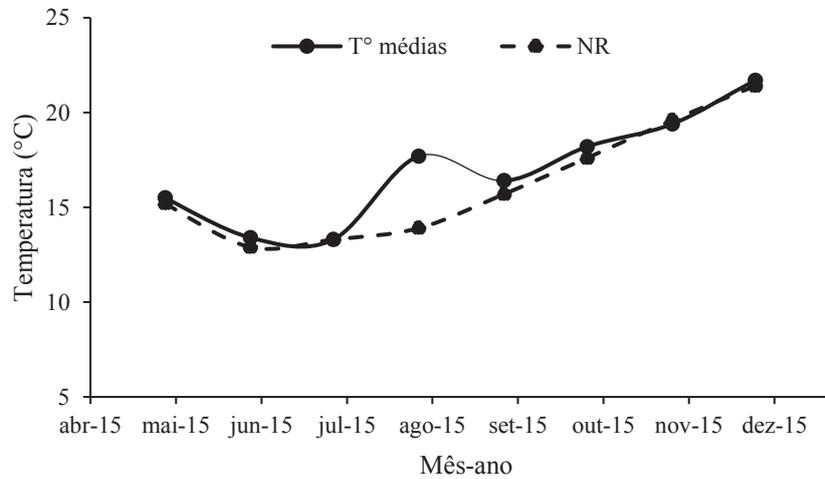


Figura 1 - Temperaturas médias (T°) ocorridas no período experimental e normais regionais (NR). [Fonte: Embrapa Trigo].

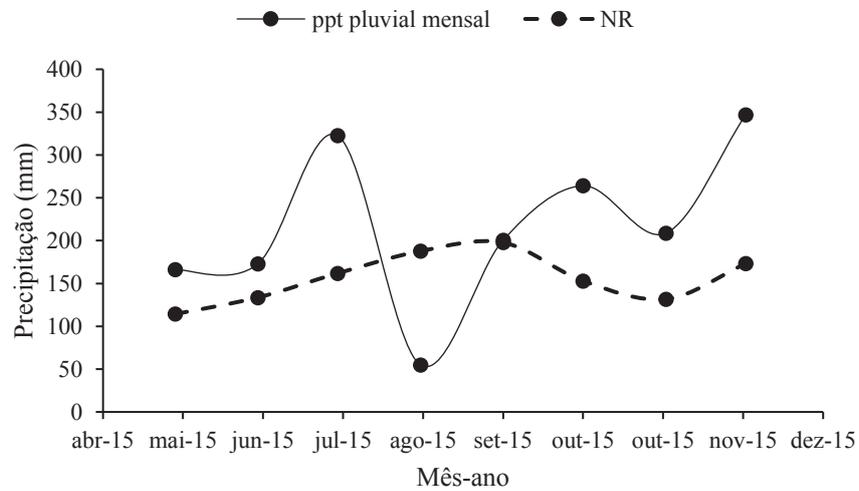


Figura 2 - Precipitação pluvial mensal (ppt) ocorrida no período experimental e normais regionais (NR). [Fonte: Embrapa Trigo].

2.3 Preparo da área experimental, semeadura e condução do ensaio

O solo foi analisado conforme metodologia de Tedesco et al. (1995) (Tabela 1). A adubação de base foi feita com 200 kg ha⁻¹ de adubo N-P₂O₅-K₂O de fórmula 05-20-20 em 2014, e em 2015 com 200 kg ha⁻¹ de adubo N-P₂O₅-K₂O de fórmula 7-14-32. A semeadura ocorreu em 29/05 em 2014 e, devido a condições climáticas de elevada pluviosidade, ocorreu em 03/06 em 2015, na densidade de 300 sementes aptas m⁻².

Para o ensaio forrageiro, no ano de 2015, as plantas de toda a parcela foram cortadas, tomando-se como critério estarem com altura entre 25 a 30 cm, salvo impossibilidade de cortar pelas condições climáticas. A forragem foi cortada a, aproximadamente, 8 cm acima da base da planta, com foice. Após cada corte, foi aplicado o equivalente à 50 kg N ha⁻¹, na forma de ureia, em cobertura.

Tabela 1 - Atributos físico-químicos do solo utilizado para o cultivo de genótipos de aveia-preta. Passo Fundo, 2014 e 2015

Atributo	Ano	
	2014	2015
Argila (%)	26,4	39,5
pH em H ₂ O	5,8	5,0
Índice SMP	6,1	5,5
P (mg dm ⁻³)	23,4	25,5
K (mg dm ⁻³)	165,0	286,0
Matéria orgânica (%)	3,2	3,3
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,7
Ca (cmol _c dm ⁻³)	5,8	4,6
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,9	1,4
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,7	7,7
CTC (cmol _c dm ⁻³)	11,8	14,4
Saturação por bases (%)	69,0	46,0
Saturação por Al (%)	0,0	9,0
Saturação por K (%)	3,6	5,1

Em 2014, procedeu-se a amostragem para avaliação anatômica da lâmina foliar. As plantas encontravam-se em estágio de afilhamento (Escala de Zadoks: 3,0-3,9) e foram colhidas três plantas por parcela. De cada planta, foi coletada a segunda folha totalmente expandida, que foi fixada em FAA 70% por 48 h, e conservada em etanol 70%.

2.4 Amostragens e avaliações

As avaliações dos genótipos quanto à aptidão para fins forrageiros foram realizadas de acordo com atributos agronômicos, bromatológicos e anatômicos. As avaliações agronômicas e bromatológicas foram realizadas no ensaio estabelecido em 2015, enquanto que as anatômicas foram realizadas no ensaio estabelecido em 2014.

Os atributos agronômicos avaliados foram: número de cortes, produtividade de massa verde (MV), teor de matéria seca (TMS), produtividade de massa seca (MS), alocação de biomassa, altura de dossel, relação folha/colmo, taxa de crescimento entre cortes (TCC), densidade do horizonte de colheita (DHC), valor relativo do rebrote (VRR)

O número de cortes foi calculado a partir de quantos cortes foram possíveis até a exaustão do rebrote.

Para a estimativa da produtividade de MV, todo o material cortado na parte útil da parcela (área amostral de 2,5 m²) foi pesado e amostrado. A produtividade de matéria seca foi realizada em amostra de, aproximadamente, 500 g de MV, recém-colhido e submetido à secagem a 60 °C ± 3 °C até peso constante. Após seca, esta amostra foi

pesada e moída para a submissão às análises bromatológicas. Antes de cada corte para a determinação da produtividade de MV, foi determinada a altura de dossel, com a amostragem de três altura aleatórias dentro da parcela.

Em cada corte, dez plantas de cada parcela foram destinadas à avaliação de alocação de biomassa e tiveram suas folhas, colmos e inflorescências (quando presentes) separados manualmente, secos a 60 °C por 72h e pesados. A partir da pesagem foi determinada a proporção de cada componente por corte, ou seja, proporção de folha, colmo e inflorescência. Após esta determinação foi calculada a relação folha/colmo, dividindo o percentual de contribuição de folhas pelo de colmos.

A TCC foi determinada com base no acúmulo de matéria seca em cada corte dividido pelo número de dias entre cortes através da fórmula: $TCC = MS_n - MS_{n-1} / t_n - t_{n-1}$. A DHC foi determinada com base em Moliterno (2002), através da divisão da matéria seca pela altura do dossel: $DHC (kg\ cm^{-1}) = MS / \text{altura do dossel}$. O VRR foi calculado através da fórmula: $VRR = DHC_n - DHC_{n-1} / DHC_n$

Os descritores bromatológicos avaliados foram teor de proteína bruta (PB), teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), teor de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), digestibilidade in vitro da MS (DIVMS). As avaliações laboratoriais de PB, FDN E FDA foram realizadas pelo método de refletância do infravermelho proximal (NIRS) (SCHEFFER-BASSO et al., 2003; FONTANELI & FONTANELI, 2007).

A DIVMS foi determinada mediante metodologia modificada por Tilley & Terry (1963), na qual o líquido ruminal, a

saliva artificial e bags contendo as amostras de forragem previamente secas e moídas são submetidas a dois estágios de digestão (microbiológica e enzimática) em incubadora automatizada. Aproximadamente 0,5 g de amostra previamente seca e moída foram colocados em bags tipo Ankom F57 e incubadas em solução anaeróbica de McDougall e líquido ruminal, em relação 4:1, durante 48 horas em incubadora automatizada (TECNAL, São Paulo, Brasil). A seguir as amostras foram digeridas em solução enzimática de pepsina e ácido clorídrico por mais 48 horas (TILLEY & TERRY, 1963). Após a digestão enzimática, os bags foram lavados em acetona e colocados para secar à 105 °C até peso constante. Para acelerar a anaerobiose na solução de McDougall foi empregada a técnica preconizada por Fukushima, Weimer & Kunz (2002), a qual utiliza-se da submissão da solução, em kitassato hermeticamente selado com rolha de borracha, à intensidade luminosa contendo Cys como agente redutor e resazurina como indicador. Para a coleta do líquido ruminal foram utilizadas duas vacas em lactação com fístula fixa no rúmen, alimentadas com dieta contendo 50% concentrado e 50% volumoso. O cálculo da DivMS da matéria seca da amostra foi baseada na seguinte fórmula: $DivMS = 1 - (Bag + \text{resíduo final após secagem} - \text{peso do bag}) / \text{peso da amostra inicial}$.

Os descritores anatômicos avaliados foram: percentual de tecido epidérmico (excluindo-se células buliformes); de células buliformes; de mesofilo; de tecido vascular não lignificado (basicamente floema); de tecido vascular lignificado + esclerênquima (xilema, fibras e outras células lignificadas do feixe vascular) (ALVES DE BRITO et al., 2004). Para isso, de cada folha coletada retirou-se o

terço médio da lâmina (limbo), que foi dividido ao meio a partir da quilha. Nessa fração, da quilha à extremidade, foram feitas secções transversais à mão livre, seguido por coloração com fucsina básica diluída para 0,5% em etanol a 50°GL e azul de Astra. Uma vez efetuada a dupla coloração, as lâminas foram lavadas em água corrente e submetidas à montagem convencional e recobertas com lamínula. Após a confecção do laminário, as secções foram fotomicrografadas em equipamento Zeiss e as imagens foram digitalizadas para medir a área dos tecidos pelo sistema de processamento de imagens do próprio microscópio. A delimitação dos tecidos para a determinação da área ocupada levou em consideração a descrição de Alves de Britto et al. (2004).

2.5 Análises estatísticas

Os dados relativos aos atributos Agronômicos, bromatológicos e anatômicos foram submetidos à análise de variância, com posterior comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. A análise multivariada foi realizada com os caracteres divergentes entre os genótipos. Para isso foram realizadas as análises de correlação de Pearson e dissimilaridade, pela distância de Mahalanobis, contribuição relativa dos caracteres para a divergência genética e geração de dendrograma pelo método de Ward.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os genótipos de aveia-preta apresentaram diferentes períodos de produção de, no máximo, 138 dias a contar da sementeira (Tabela 2). Apenas o genótipo Iapar 61(Ibiporã) possibilitou cinco cortes, devido ao seu ciclo ser mais tardio em relação às demais. Em geral, é possível obter entre cinco e seis cortes em aveia-preta, dependendo da época de sementeira, pois quando mais tardia, menor o período de produção (LÂNGARO & CARVALHO, 2014).

Neste trabalho, a sementeira foi tardia (3/6/2014), em virtude da pluviosidade ocorrida nos meses anteriores ser impeditivo, o que determinante do menor ciclo produtivo. Em geral, com sementeiras precoces se obtém até seis cortes para Iapar 61(Ibiporã) e cinco cortes para cultivares mais precoces (NORO et al., 2003).

A produtividade de MS total não variou entre os genótipos, totalizando 4.000 t ha⁻¹ (dados não mostrados), o que está de acordo com os valores relatados para a espécie (LÂNGARO & CARVALHO, 2014).

Tabela 2 – Cronograma e intervalos entre cortes de genótipos de aveia-preta. Passo Fundo, 2015

Corte	Data do corte	Dias após sementeira	Dias de rebrote
1º	27/07	54	-
2º	11/08	69	15
3º	03/09	92	23
4º	29/09	118	26
5º*	19/10	138	20

*Somente o genótipo Iapar 61(Ibiporã).

A produtividade de MV diferiu entre genótipos (Figura 3) e esteve dentro do que é normal para a espécie, entre 15 e 23 t ha⁻¹ (CARGNELUTTI FILHO, 2014). Iapar 61(Ibiporã) apresentou produtividade 38% acima de MV, do que a média dos genótipos UPFA

21 - Moreninha, Agro Coxilha, Agro Quaraí e Alpha. Com relação à produção estacional, a produtividade de MV e MS não variaram entre genótipos durante os três primeiros cortes do ensaio forrageiro.

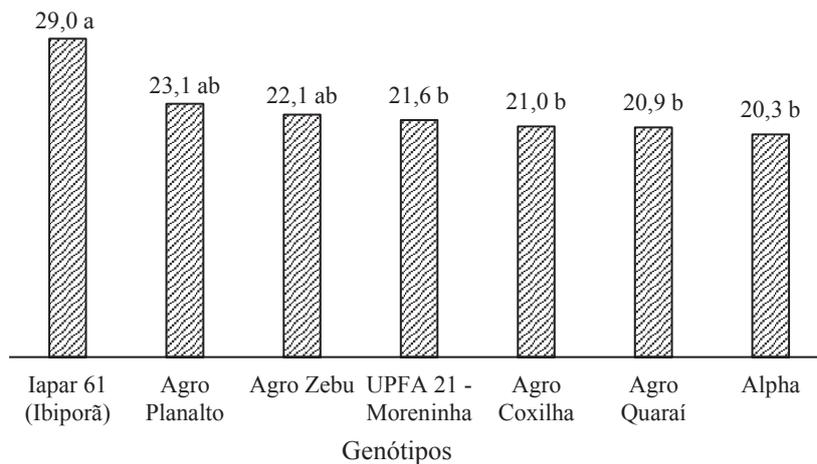


Figura 3 - Produtividade de massa verde total (t ha⁻¹) de genótipos aveia-preta, manejados sob cortes. (DMS= 6,99 t). [Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença significativa entre genótipos, pelo teste de Tukey (p<0,05)].

A alocação de biomassa variou entre genótipos apenas no 4º corte, pois no primeiro e segundo corte havia apenas folha na massa colhida. (Tabela 3). No 3º corte os genótipos apresentavam, em média, 13% de colmos e a relação F/C foi de 8,7 (dados não apresentados), diferente do 4º corte em que a relação F/C média foi de 4,5. A importância da alocação de biomassa entre dois cortes sucessivos está no fato de que, quanto menor a relação F/C, maior é a perda do valor nutritivo da forragem (BALL et al., 2001).

No 4º corte, Iapar 61 (Ibiporã) superou a produção de folhas do grupo formado entre UPFA 21 - Moreninha, Agro Quaraí, Agro Planalto e Agro Coxilha em 24%, que por sua vez superaram a produção

de colmos de Iapar 61(Ibiporã) em 70% (Tabela 3). Com exceção dos genótipos Agro Zebu e Alpha, o ciclo foi determinante para a maior proporção de colmo e menor de folhas encontrada nesses genótipos em relação à Iapar 61(Ibiporã), de ciclo tardio. Para o 5º corte Iapar 61(Ibiporã) apresentou 36% de folhas e 64% de colmos (dados não apresentados).

Tabela 3 - Alocação de biomassa em folhas e colmos de genótipos de aveia-preta colhidos no 4º corte do ensaio de avaliação forrageira. Passo Fundo, 2015

Genótipo	Folha	Colmo
	-----g MS 100 g MS ⁻¹ -----	
Iapar 61(Ibiporã)	92 Aa	8 Bb
Agro Zebu	82 Aab	18 Aab
Alpha	80 Aab	20 Aab
UPFA 21 - Moreninha	77 Ab	23 Aa
Agro Quaraí	76 Ab	24 Aa
Agro Planalto	72 Ab	28 Aa
Agro Coxilha	70 Ab	30 Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$)

Durante o desenvolvimento fenológico a estrutura das pastagens sofre alterações em decorrência das modificações nas características morfológicas (AGUINAGA et al., 2008). No ciclo vegetativo, verifica-se maior proporção de folhas em relação ao período final. Com a evolução do ciclo fenológico ocorre o alongamento do colmo e o aumento da proporção desse componente na forragem (KILCHER & TROELSEN, 1973).

Cultivares de aveia-preta de ciclo precoce e médio concentram a produção de folhas no início do inverno (TONATO et al., 2014), enquanto que nas tardias, a produção de folhas é maior no início da primavera. Neste estudo, o 4º corte ocorreu na primavera, o que

explica os genótipos precoces e médios terem proporção de folhas reduzida em relação à Iapar 61(Ibiporã).

Para os genótipos Agro Zebu e Alpha, o modelo de alocação de biomassa do 4º e 5º cortes relacionaram-se ao valor relativo de rebrota (VRR). No 3º corte, esses dois genótipos apresentaram os menores valores relativos de rebrota entre os materiais analisados, 9 e 19% respectivamente, valores baixos em relação à média dos genótipos (37%), o que pode ter significado o elevado potencial de produção de folhas no 4º corte, colocando-os em posição intermediária entre Iapar 61(Ibiporã) e os outros genótipos.

O valor nutritivo dos genótipos foi aceitável para ruminantes (Tabela 4), pois os teores de PB e a digestibilidade foram maiores que 12% e 55%, respectivamente (ALVES DE BRITO et al., 2003). Independentemente do elevado valor nutritivo, os atributos bromatológicos diferiram entre cortes e entre os genótipos em cada corte (Tabela 4), denotando a interação entre os fatores. Como já era esperado, o teor de PB, digestibilidade e NDT diminuíram com a maturidade das plantas, ao contrário dos teores de FDA e FDN (BALL et al., 2001; ARZANI et al., 2004).

O avanço dos estádios de desenvolvimento é o aspecto que melhor relaciona-se ao comportamento dos caracteres bromatológicos (BALL et al., 2001; ARZANI et al., 2004). O desenvolvimento das plantas promove a elevação da proporção de caules em detrimento de folhas e a conseqüente diminuição da relação F/C. Além dos colmos possuírem elevados níveis de fibras em relação às folhas (BALL et al., 2001), o avanço do ciclo resulta na diminuição dos componentes digestíveis (carboidratos solúveis, proteína) (JUNG & VOGEL, 1986).

Tabela 4 - Atributos bromatológicos de genótipos de aveia-preta, em quatro cortes forrageiros, Passo Fundo, 2014

Cultivar	Corte			
	1° (27/07)	2° (11/08)	3° (03/09)	4° (29/09)
	Proteína bruta (%)			
Agro Coxilha	26 Aa	23 Ba	23 Bb	18 Cb
Agro Planalto	26 Aa	24 Ba	22 Bb	18 Cb
Agro Zebu	25 Aa	24 Ba	24 Ba	20 Cab
Agro Quaraí	25 Aa	24 Ba	23 Ba	19 Cab
Alpha	27 Aa	24 Ba	24 Ba	20 Cab
Iapar 61(Ibiporã)	27 Aa	25 Ba	26 Ba	21 Ca
UPFA 21 - Moreninha	27 Aa	24 Ba	24 Ba	20 Cab
	Fibra insolúvel em detergente ácido (%)			
Agro Coxilha	21 Cb	24 Bab	24 Ba	28 Aa
Agro Planalto	23 Cab	24 Bab	24 Ba	27 Aa
Agro Zebu	23 Cab	24 Bab	25 Ba	26 Aa
Agro Quaraí	24 Ca	24 Bab	25 Ba	27 Aa
Alpha	22 Cab	24 Bab	24 Ba	26 Aa
Iapar 61(Ibiporã)	21 Cab	23 Bb	23 Ba	25 Aa
UPFA 21 - Moreninha	22 Cab	25 Ba	25 Ba	26 Aa
	Fibra insolúvel em detergente neutro (%)			
Agro Coxilha	42 Babc	45 Ba	54 Aa	55 Aab
Agro Planalto	42 Babc	45 Ba	53 Aa	56 Aa
Agro Zebu	43 Bab	45 Ba	51 Aab	52 Aab
Agro Quaraí	45 Ba	45 Ba	54 Aa	55 Aab
Alpha	43 Bab	46 Ba	51 Ab	54 Aab
Iapar 61(Ibiporã)	40 Bc	43 Ba	47 Ab	50 Ab
UPFA 21 - Moreninha	41 Bbc	45 Ba	52 Aa	55 Aab
	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (%)			
Agro Coxilha	72 Aa	70 Bab	70 Ba	67 Ca
Agro Planalto	71 Aab	70 Bab	70 Ba	68 Ca
Agro Zebu	71 Aab	70 Bab	70 Ba	69 Ca
Agro Quaraí	70 Ab	70 Bab	69 Ba	68 Ca
Alpha	72 Aab	70 Bab	70 Ba	68 Ca
Iapar 61(Ibiporã)	72 Aab	71 Ba	71 Ba	69 Ca
UPFA 21 - Moreninha	71 Aab	69 Bb	70 Ba	68 Ca
	Nutrientes digestíveis totais (%)			
Agro Coxilha	73 Aa	71 Bab	71 Ba	68 Ca
Agro Planalto	72 Aab	71 Bab	71 Ba	69 Ca
Agro Zebu	72 Aab	71 Bab	71 Ba	70 Ca
Agro Quaraí	71 Ab	71 Bab	70 Ba	69 Ca
Alpha	73 Aab	71 Bab	71 Ba	69 Ca
Iapar 61(Ibiporã)	73 Aab	72 Ba	72 Ba	70 Ca
UPFA 21 - Moreninha	72 Aab	70 Bb	71 Ba	69 Ca

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O teor de PC, L e celulose (JUNG & VOGEL, 1986), FDA e FDN também elevam-se em função do desenvolvimento, o que resulta na redução da digestibilidade, tanto de folhas, quanto de colmos (BALL et al. 2001).

Neste estudo, na medida em que o FDA elevou, os teores de digestibilidade e o NDT diminuíram. Da mesma forma, os genótipos que apresentaram maiores teores de FDA, apresentaram os menores percentuais de digestibilidade e NDT. A FDA é a fração da parede celular sem a hemicelulose, ou seja, é a estimativa dos fatores anti-nutricionais: lignina, cutina, celulose, nitrogênio indigestível e sílica (VAN SOEST, 1994). Por esse motivo, o teor de FDA e de seus componentes associam-se negativamente à digestibilidade (FULGUEIRA et al., 2007).

Os atributos morfológicos e agronômicos correlacionaram-se com os atributos bromatológicos do 4º corte forrageiro, de diferentes maneiras (Tabela 6). A correlação positiva encontrada entre altura de dossel e FDN está relacionada ao fato de que quanto maior a altura, maior a necessidade de tecidos estruturantes e de sustentação, formados por elevados teores de fibras, paredes celulares espessadas e lignificadas (AKIN, 1989; ARZANI et al., 2004).

A proporção de tecidos lignificados, como o esclerênquima e o xilema, apresenta correlações com os teores FDN (QUEIROZ et al., 2000), pois a fração FDN engloba os componentes da parede celular, especificamente celulose, hemicelulose e lignina (VAN SOEST, 1994). Isso justifica a correlação positiva entre a proporção de colmo e o teor de FDN. O colmo das gramíneas possui um anel de fibras

(esclerenquimático) circundando os feixes vasculares. Nos estádios iniciais de desenvolvimento, apenas os feixes vasculares são lignificados, mas com o avanço do desenvolvimento há progressivo incremento dos tecidos de sustentação, podendo incluir a lignificação do anel esclerenquimático e até do parênquima (AKIN, 1989).

Tabela 5 - Coeficientes de correlação entre atributos agrônômicos e bromatológicos de genótipos de aveia-preta manejados sob cortes. Passo Fundo, 2015

Atributo agrônômico	Atributos bromatológicos				
	FDA	FDN	DIVMS	NDT	PB
Altura de dossel	0,67	0,94*	-0,67	-0,67	-0,65
Massa verde	-0,89	-0,81*	0,89*	0,89*	0,63
Proporção de folhas	-0,50	-0,96*	0,50	0,50	0,96*
Proporção de colmos	0,50	0,96*	-0,50	-0,50	-0,96*
Relação folha/colmo	-0,74*	-0,95*	0,74*	0,74*	0,92*

FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca; NDT: nutrientes digestíveis totais.

**Significativo 5% de probabilidade pelo teste t.

Durante o desenvolvimento das gramíneas, a produtividade de MV está associada à produção de folhas. Tanto a produtividade de MV, quanto o valor nutritivo da forragem declinam com a maturidade, resultante do comportamento da redução de folhas em detrimento da produção de colmos. As folhas possuem menor teor de tecidos fibrosos e maior conteúdo de proteínas do que colmos, conseqüentemente, quanto maior proporção de folhas, maior a digestibilidade da forragem ou vice-versa (BALL et al., 2001). Isso explica a correlação negativa entre produtividade de MV com os teores de FDA e FDN e positiva com a DIVMS e NDT. Da mesma forma, justificam-se as correlações negativas entre relação F/C e FDA e FDN, e positivas com digestibilidade, NDT e PB. Quanto maior a relação F/C, maior o teor

de proteínas, conseqüentemente, maior digestibilidade (GUIMARÃES, 2010).

A alta correlação entre os atributos bromatológicos e a relação F/C indica que a alteração nesse atributo promoveu alterações significativas na forma de resposta correlacionada aos caracteres bromatológicos e, conseqüentemente, no valor nutritivo. Assim, a relação F/C pode ser usada como um dos critérios de seleção para linhagens forrageiras. Dessa forma, a análise de correlação pode auxiliar os melhoristas, por permitirem a otimização de características de interesse simultaneamente (PETERSON et al., 2005).

Para a análise de contribuição relativa, os dados referiram-se ao 4º corte forrageiro e foi eliminada a relação F/C, dada à covariância com a proporção de colmos e folhas. A alocação em folha e caule foram os caracteres com maior contribuição relativa para a divergência entre os genótipos, seguido dos teores de FDA e DIVMS (Tabela 6).

Tabela 6 - Contribuição relativa de caracteres para divergência genética (SINGH, 1981) de genótipos de aveia-preta manejados sob cortes

Caracteres	Contribuição relativa (%)
Proporção de folha	30,05
Proporção de colmo	29,96
Fibra insolúvel em detergente ácido	18,92
Digestibilidade estimada da massa seca	14,02
Nutrientes digestíveis totais	5,55
Massa verde	1,04
Fibra insolúvel em detergente neutro	0,29
Teor de proteína bruta	0,23
Altura do dossel	0,04

As espécies forrageiras podem mostrar características distintas de alocação de biomassa, capazes de auxiliar as explicações

relacionadas à distribuição ecológica, produção e persistência (SCHEFFER-BASSO et al., 2002b). O padrão de produtividade e alocação de biomassa em forrageiras é caracterizado pela emissão de novas folhas, na medida em que a planta se desenvolve (ALVES DE BRITO & DESCHAMPS, 2001).

Considerando os nove caracteres, a maior dissimilaridade encontrada foi entre os genótipos Agro Coxilha e Agro Zebu (Tabela 7). Essa relação está evidenciada no dendrograma (Figura 4), que, num ponto de corte de 20% da distância relativa, isolou três grupos distintos (Tabela 8).

Tabela 7 – Matriz de dissimilaridade entre genótipos de aveia-preta relacionada à aptidão para fins forrageiros com base na distância de Mahalanobis

Genótipos	Agro Coxilha	Agro Planalto	Agro Zebu	Agro Quaraí	Alpha	Iapar 61 (Ibiporã)
Agro Planalto	122,0					
Agro Zebu	584,8	248,9				
Agro Quaraí	51,6	55,7	348,2			
Alpha	302,2	102,4	55,0	147,6		
Iapar 61(Ibiporã)	181,6	267,1	439,5	188,0	244,2	
UPFA 21 - Moreninha	456,7	147,0	47,5	278,4	51,9	425,3

Tabela 8 – Grupos formados pelo dendrograma de dissimilaridade obtido pelo método de Ward, a partir da distância generalizada de Mahalanobis entre genótipos de aveia-preta

Caractere	Grupo		
	I	II	III
	Genótipo		
	Agro Zebu, UPFA 21 - Moreninha e Alpha	Agro Coxilha, Agro Quaraí e Agro Planalto	Iapar 61 (Ibiporã)
MV (t ha ⁻¹)	21,3	21,7	29,0
A (cm)	49	50	43
F (%)	80	73	92
C (%)	20	27	8
PB (%MS)	20	18,3	21
FDN (%MS)	53,6	55,3	50
FDA (%MS)	26	27,3	25
DIVMS (%MS)	68,3	67,3	69
NDT (%MS)	69,3	68,6	70

MV: Produtividade de matéria verde; A: altura, F: proporção de folhas; C: Proporção de colmos; PB: teor de proteína bruta; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; DIVMS: digestibilidade *in vitro* da massa seca; NDT: nutrientes digestíveis totais.

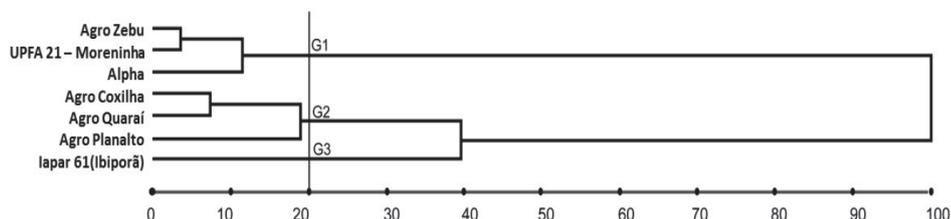


Figura 4 - Dendrograma de dissimilaridade de genótipos de aveia-preta, obtido pelo método de Ward, a partir da distância generalizada de Mahalanobis com base na produtividade de matéria verde, altura, proporção de folhas e colmos, teor de proteína bruta, fibra insolúvel em detergente neutro, fibra insolúvel em detergente ácido, digestibilidade *in vitro* da massa seca e nutrientes digestíveis totais.

O valor nutritivo, a palatabilidade, o consumo e a digestibilidade de gramíneas forrageiras podem ser alterados pelas características anatômicas (ARZANI et al., 2004; BATISTOTI et al., 2012).

A organização histológica da lâmina foliar de aveia-preta diferiu entre os genótipos quanto à proporção de mesofilo, epiderme e células buliformes (Tabela 9). Em ordem de grandeza, a lâmina foliar foi ocupada prioritariamente por mesofilo, seguida da epiderme, do Tecido vascular lignificado (TVL), de células buliformes e tecido vascular não lignificado (TVNL). As proporções de TVL e TVNL foram similares entre materiais.

Tabela 9 - Organização histológica da lâmina foliar de genótipos de aveia-preta em estágio de alongamento (*)

Genótipo	Mesofilo	Epiderme	TVL ¹	Células buliformes	TVNL ²
	-----%-----				
Iapar 61(Ibiporã)	62,4 a	14,7 ab	14,6	5,6 ab	2,7
Alpha	55,9 bc	21,6 a	12,9	6,8 a	2,7
Agro Quaraí	55,3 c	17,9 ab	18,7	5,0 b	3,1
Agro Coxilha	59,7 abc	13,0 b	19,0 ^{ns}	5,8 ab	2,5 ^{ns}
Agro Planalto	57,1 abc	18,5 ab	17,1	5,1 b	2,3
UPFA 21 - Moreninha	61,4 ab	14,6 ab	15,7	5,5 b	2,7
Agro Zebu	59,4 abc	16,6 ab	16,2	5,6 ab	2,3
C.V. (%)	4,7	17,5	13,3	10,7	11,0

*Escala de Zadoks: 3.0-3.9; ¹TVL: Tecido vascular lignificado; ²TVNL: Tecido vascular não lignificado; Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$); ^{ns}: não significativo ($p>0,05$).

A área proporcional de mesofilo foi 12% maior em Iapar 61(Ibiporã) (Figura 5-A) do que nos genótipos Alpha (Figura 5-B) e Agro Quaraí (Figura 5-C). O mesofilo, juntamente com epiderme e células buliformes o que indica a fração potencialmente digestível em folhas. O mesofilo compreende todos os tecidos situados entre a epiderme e o sistema vascular da folha e as células que constituem esse tecido em gramíneas temperadas são conhecidamente de rápida digestão, devido à disposição aleatória e espaços intercelulares, que permitem a fragmentação do tecido e a fácil penetração de

microorganismos. A lâmina de gramíneas temperadas é formada por cerca de 60% de mesofilo (CARVALHO & PIRES, 2008), o que corrobora o que está aqui relatado.

O genótipo Alpha diferenciou-se de Agro Coxilha (Figura 5-D) na proporção de epiderme, e de Agro Planalto (Figura 5-E), Agro Quaraí e UPFA 21 - Moreninha (Figura 5-F), na proporção de células buliformes.

A epiderme é um tecido de proteção, formado por células justapostas, considerada a primeira barreira que impede a entrada dos microorganismos do rúmen para a digestão das partículas vegetais (WILSON, 1997) pela cutinização e lignificação da sua parede periclinal externa (BAUER et al., 2008).

Apesar disso, em gramíneas temperadas, a epiderme é considerada um tecido de rápida digestão (AKIN, 1989). Da mesma forma, as células buliformes são consideradas de alta degradação, pois são formadas por paredes celulares delgadas e recobertas por uma fina cutícula, semelhantes estruturalmente às células do mesofilo (WILSON, 1997; ALVES DE BRITO, 1997).

Neste trabalho, a linhagem Alpha apresentou as maiores diferenciações quando se trata de características anatômicas e apesar de possuir uns dos menores teores de mesofilo entre os genótipos, a sua digestibilidade pode ser garantida através dos elevados teores de epiderme e células buliformes.

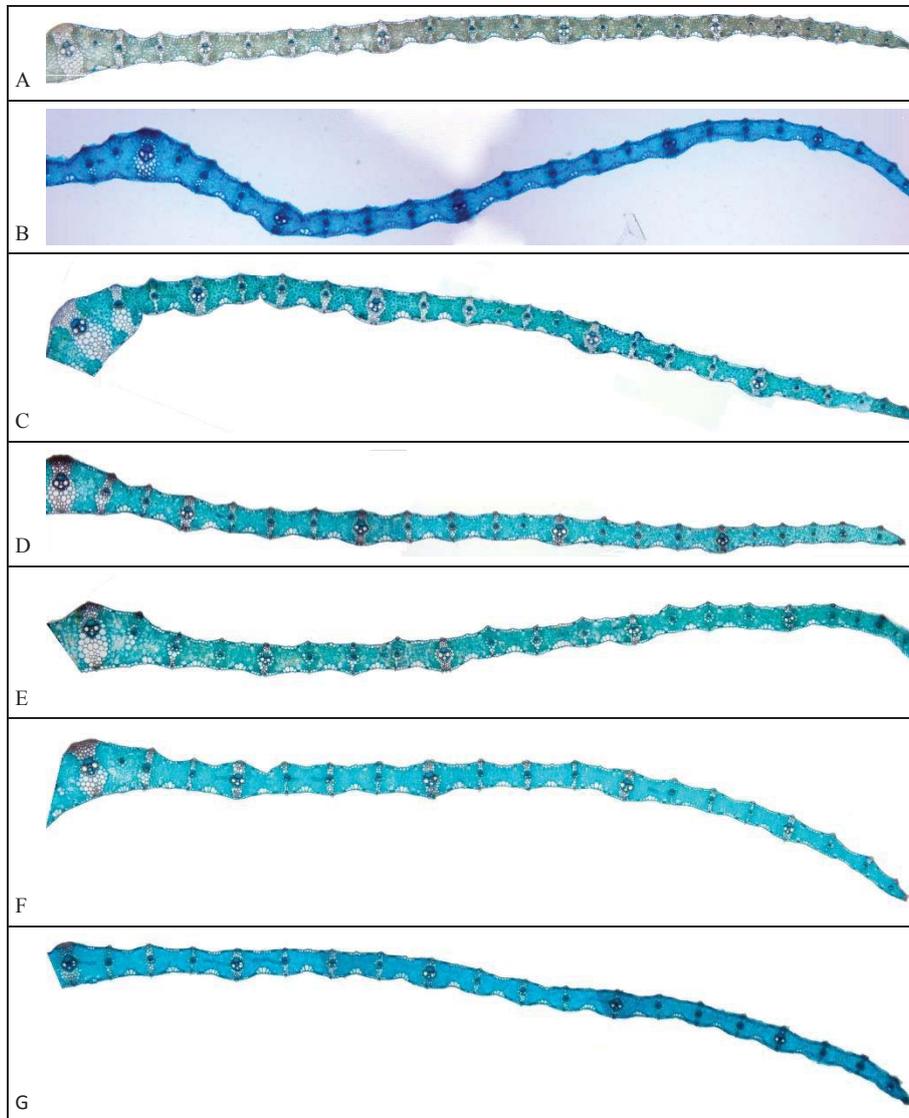


Figura 5 - Organização histológica da lâmina foliar de genótipos de aveia-preta em estágio de alongamento (*Escala de Zadoks: 3.0-3.9). A= Iapar 61(Ibiporã); B= Alpha; C= Agro Quaraí; D= Agro Coxilha; E= Agro Planalto; F= UPFA 21 – Moreninha; G= Agro Zebu.

4 CONCLUSÕES

A variabilidade em genótipos de aveia-preta quanto ao valor forrageiro decorre principalmente da divergência quanto ao ciclo, alocação de massa seca, valor nutritivo e organização histológica.

A relação folha/colmo é o atributo agronômico que apresenta correlação com os caracteres bromatológicos. O FDN é o atributo bromatológico que apresenta correlação com todos os caracteres agronômicos ligados ao valor forrageiro. Dessa forma, tanto a relação folha/colmo, quanto o teor de FDN podem ser utilizados como indicadores de seleção para materiais com maior aptidão forrageira.

A alocação de biomassa em folhas e colmo, por ser a característica que mais contribui para a dissimilaridade em genótipos, é uma análise indispensável para identificação de genótipos contrastantes em cruzamentos direcionados.

O padrão histológico da lâmina foliar de genótipos de aveia-preta varia em relação à proporção de mesofilo, epiderme e células buliformes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões mais importantes do presente trabalho são resumidas como segue, fornecendo sugestões para futuras pesquisas na área:

i. Neste estudo foi constatado que há variabilidade em aveia-preta quanto à aptidão como forrageira ou cobertura do solo.

ii. A relação folha/colmo e o teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), considerados indicadores da aptidão forrageira, são caracteres importantes para a avaliação de genótipos de aveia-preta forrageira em programas de melhoramento.

iii. Há pouca variabilidade quanto à composição histológica foliar, o que indica que a diversidade estrutural na espécie é relativamente pequena.

iv. Os teores de N, C, polifenóis e lignina são caracteres que podem ser incorporados nos programas de melhoramento de aveia-preta, devido a sua importância na qualidade da biomassa.

v. O cálculo do índice de qualidade de biomassa (IQB) e a análise de regressão múltipla são ferramentas que permitem a estimativa da mineralização de C dos genótipos de aveia-preta. Assim, podem ser utilizados como métodos adicionais na seleção e avaliação de genótipos para a finalidade de cobertura nos programas de melhoramento da espécie.

vi. A caracterização dos materiais, mediante a avaliação de características intimamente associadas ao uso é de extrema importância para a identificação de genótipos promissores durante o processo de seleção e melhoramento. Uma vez que esta informação esteja

disponível, é possível selecionar os indivíduos genitores e planejar cruzamentos, de forma a maximizar as diferenças genéticas, que muitas vezes não pode ser acessada através dos descritores indicados para a espécie.

vii. Apesar dos programas de melhoramento de aveia-preta não direcionarem a seleção e/ou cruzamentos para determinada forma de uso, informações sobre a aptidão dos genótipos podem ser decisivas para a maximização das vantagens do seu cultivo, de acordo com o uso pretendido. Com a devida indicação de uso propõe-se agregar valor às cultivares de aveia-preta e fomentar a comercialização de sementes, evidenciando as múltiplas potencialidades da espécie.

REFERÊNCIAS

AGUINAGA, A. A. Q.; CARVALHO, P. C. D. F.; ANGHINONI, I.; PILAU, A.; AGUINAGA, A. J. Q.; GIANLUPPI, G. D. F. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 37, n. 9, p. 1523-1530, 2008.

AITA, C.; CHIAPINOTTO, I. C.; GIACOMINI, S. J.; HÜBNER, A. P.; MARQUES, M. G. Decomposição de palha de aveia preta e dejetos de suínos em solo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 149-161, 2006.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.

AKIN, D. E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. *Agronomy Journal*, Madison, v. 81, n. 1, p. 17-25, 1989.

AKIN, D. E.; AMOS, H. E.; BARTON, F. E.; BURDICK, D. Rumen microbial degradation of grass tissue revealed by scanning electron microscopy. *Agronomy Journal*, Madison, v. 65, n. 5, p. 825-828, 1973.

ALLISON, F. E. The fate of nitrogen applied to soils. *Advances in Agronomy*, Salt Lake City v. 18, p. 219-258, 1966.

ALMEIDA, F. S. *A alelopatia e as plantas*. IAPAR: Londrina, 1988. 60p. (Circular n° 53).

ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; VIANA, J. H. M. Manejo de solos: Plantas de cobertura. In: CRUZ, J. C. (Ed.). *Cultivo do Milho*. Dourados: Embrapa Milho e Sorgo, 2011 (Sistema de Produção 1 - Versão Eletrônica. 7ª ed.)

ALVES DE BRITO, C. J. F. *Organização estrutural e degradação in vitro de tecidos em Pennisetum purpureum Schum. (Poaceae)*. 1997.119 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

ALVES DE BRITO, C. J. F.; ALQUINI, Y.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C. Perfil anatômico dos tecidos de três ecotipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 9-11.

ALVES DE BRITO, C. J. F.; DESCHAMPS, F. C. Caracterização anatômica em diferentes frações de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1409-1417, 2001.

ALVES DE BRITO, C. J. F.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C.; ALQUINI, Y. Anatomia quantitativa e degradação in vitro de tecidos em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 223-229, 1999.

ALVES DE BRITO, C. J. F.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C. Perfil químico da parede celular e suas implicações na digestibilidade de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1835-1844, 2003.

ALVES DE BRITO, C. J. F.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C. Anatomia quantitativa da folha e do colmo de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 519-528, 2004.

ALVES, R. de B. das N.; COSTA, T. DA S. A.; SILVA, D. B. DA; VIEIRA, R. F. *Manual de curadores de germoplasma - vegetal: caracterização química de metabólitos secundários em germoplasma vegetal*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 13 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 315).

ALVIM, J. M. *Produção e utilização de forrageiras de inverno: aveia e azevém*. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1989. 28 p. (Documentos, 42).

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; FLECK, N. G.; BORTOLINI, C. G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 6, p. 851-860, 2001.

ARZANI, H.; ZOHDI, M.; FISH, E.; ZAHEDI AMIRI, G. H.; NIKKHAH, A.; WESTER, D. Phenological effects on forage quality of five grass species. *Journal of Range Management*, Tucson, v. 57, n. 6, p. 624-629, 2004.

ASSEFA, G. *Avena sativa* L. In: BRINK, M.; BELAY, G. (Eds). *PROTA 1: Cereals and pulses/Céréales et légumes secs*. [CD-Rom]. Wageningen: PROTA, 2006.

ASSMMAN, A. L. *Adubação nitrogenada de forrageiras de estação fria em presença e ausência de trevo branco, na produção animal em área de integração lavoura-pecuária*. 2002. 122 f. Tese. (Doutorado em Agronomia. Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

BALL, D. M.; COLLINS, M.; LACEFIELD, G. D.; MARTIN, N. P.; MERTENS, D. A.; OLSON, K. E.; PUTNAM, D.; UNDERSANDER, D.; WOLF, M. W. Understanding forage quality. *American Farm Bureau Federation Publication*, Park Ridge, v. 1, n. 01, 2001.

BARNES, R. F.; NELSON, C. J.; MOORE, K. J.; COLLINS, M. (Ed.). *Forages: The Science of grassland agriculture*. 6. ed. Ames: Blackwell Publishing Professional, 2006. 791 p.

BATISTOTI, C.; LEMPP, B.; JANK, L.; MORAIS, M. D. G.; CUBAS, A. C.; GOMES, R. A.; FERREIRA, M. V. B. Correlations among anatomical, morphological, chemical and Agronomic characteristics of leaf blades in *Panicum maximum* genotypes. *Animal Feed Science And Technology*, Madrid, v. 171, n. 2, p. 173-180, 2012.

BAUER, M. O.; GOMIDE, J. A.; DA SILVA, E. A. M.; REGAZZI, A. J.; CHICHORRO, J. F. Características anatômicas e valor nutritivo de quatro gramíneas predominantes em pastagem natural de Viçosa, *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 9-17, 2008.

BAUER, P. J.; REEVES, D. W. A comparison of winter cereal species and planting dates as residue cover for cotton grown with conservation tillage. *Crop Science*, Madison, v. 39, n. 6, p. 1824–1830, 1999.

BAZZAZ, F. A.; ACKERLY, D. D., REEKIE, E. G. Reproductive Allocation in Plants. In: FENNER, M. (Ed.) *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford: CAB Publishing, 2000. 410 p.

BERTAN, I.; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de; VIEIRA, E. A.; HARTWIG, I.; SILVA, J. A. G. da; SHIMIDT, D. A. M.; VALÉRIO, I. P.; BUSATO, C. C.; RIBEIRO, G. Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 12, p. 279-286, 2006.

BERTRAND, I.; CHABBERT, B.; KUREK, B.; RECOUS, S. Can the biochemical features and histology of wheat residues explain their decomposition in soil? *Plant and Soil*, Haia, v. 281, n. 1-2, p. 291307, 2006.

BERWANGER, A.L.; FACCO, S.; WILDNER, L.P.; DENARDIN, R.B.N.; PANZERA, C.M.; SCHNEIDER, A.M.; PELLE, M. Ecofisiologia de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) nas condições da região oeste catarinense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Ribeirão Preto, 2003. *Anais...* Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.

BEVILAQUA, G. A.; LINHARES, A.; TOMM, G. Avaliação e seleção de genótipos de aveia de cobertura de solo para o sul do Brasil. *Current Agricultural Science and Technology*, Pelotas, v. 7, n. 3, p. 163-169, 2001.

BEZERRA NETO, F. V.; LEAL, N. R.; GONÇALVES, L. S. A.; FILHO, L. M. R.; JÚNIOR, A. T. A. Descritores quantitativos na estimativa da divergência genética entre genótipos de mamoneira utilizando análises multivariadas. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 294-299, 2010.

BIOVERSITY INTERNATIONAL. *Guidelines for the development of crop descriptor lists*. Rome: Bioversity International, 2007. (Bioversity Technical Bulletin Series, 13).

BLANCO-CANQUI, H. Crop residue removal for bioenergy reduces soil carbon pools: how can we offset carbon losses? *Bioenergy Research*, Madison, v. 6, n. 1, p. 358-371, 2013.

BORTOLINI, P. C.; MORAES, A. de; CARVALHO, P. C. de F. Produção de forragem e de grãos de aveia branca sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 34, p. 2192–2199, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 6/2003. Estabelece os requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de aveia-preta (forrageira) (*Avena strigosa* Schreb.) e inscrição no registro nacional de genótipos - RNC. *Diário Oficial da União*, Brasília, (Anexo II) 23 jun.2003. Seção 1, pt. 1. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 33, de 4 de novembro de 2010. Através da IN 33 o MAPA estabelece as normas de produção de sementes de espécies forrageiras de clima temperado, bem como seus padrões de identidade e qualidade. Brasília, *Diário Oficial da União* (D.O.U.), 05/11/2010 - Seção 1. 2010

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Nota técnica CSM/DFIA/SDA Nº013/2012*. Através da Nota Técnica Nº 013/2012, a Coordenação de Sementes e Mudanças do Mapa, autoriza a multiplicação de sementes de espécies forrageiras de clima temperado a partir de sementes de Categoria S2. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Fiscalização de Insumos Agrícolas, Coordenação de Sementes e Mudanças, 2012. 26 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Serviço Nacional de Proteção de genótipos*. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acessado em: 02 de dez. de 2017.

BURLE, M. L.; OLIVEIRA, M. do S. P. de *Manual de curadores de germoplasma vegetal: caracterização morfológica*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 16 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 312; Embrapa Amazônia Oriental, 378).

CAPELLE, E. R.; FILHO, S. C. V.; DA SILVA, J. F. C.; CECON, P. R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1837-1856, 2001.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; TOEBE, M.; BURIN, C.; DOS SANTOS, G. O.; FACCO, G.; NEU, I. M. M.; STEFANELLO, R. B. Tamanho de parcela e número de repetições em aveia preta. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 44, n. 10, p. 1732-1739, 2014.

CARNEIRO, C. M.; BORDIGNON, M. V.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; AGNOL, M. D. Caracterização anatômica da lâmina foliar de populações de *Bromus auleticus* Trin. Ex Nees (Poaceae). *Biotemas*, Florianópolis, v. 21, n. 3, p. 23-29, 2008.

CARVALHO, G. G. P., PIRES, A. J. V. Organização dos tecidos de plantas forrageiras e suas implicações para os ruminantes. *Archivos de Zootecnia*, Córdoba, v. 57, n. 1, p. 13-28, 2008.

CARVALHO, I. Q. de; HANISH, A. L.; LAJUS, C. A.; MOLITERNO, E.; BENIN, G.; OLIVEIRA, J. C. de; ROSA, J. L.; ALMEIDA, J. L. Ensaio Nacional de Aveias de Cobertura 2008. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 29., 2008, Porto Alegre. *Resultados experimentais...* Porto Alegre: CBPA, 2008.

CARVALHO, I. Q.; STRACK, M. Aveias forrageiras e de cobertura. In: LANGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. (Orgs.) *Indicações técnicas para a cultura da aveia*. Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 2014. 136 p.

CASTRO, A. M. G. Estratégia de P & D para o melhoramento genético em uma época de turbulência. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 22. Salvador, 2002. *Anais...* Salvador. 17p.

CECATO, U.; RÊGO, F. C. A.; GOMES, J. A. N.; DO CANTO, M. W.; JOBIM, C. C.; CONEGLIAN, S.; MOREIRA, F. B. Produção e composição química em cultivares e linhagens de aveia (*Avena* spp.). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 23, n. 4, p. 775-780, 2008.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, p. 49-54, 2002

CHANTIGNY, M. H.; ROCHETTE, P.; ANGERS, D. A. Short-term C and N dynamics in a soil amended with pig slurry and barley straw: a field experiment. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v. 81, n. 2, p. 131-137, 2001.

CONFORTIN, A. C. C.; ROCHA, M. G. D.; QUADROS, F. L. F. D.; GLIENKE, C. L.; ROSSI, G. E.; MORAES, A. B. D. Structural and morphogenical characteristics of black oats and Italian ryegrass on pasture submitted to two grazing intensities. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 39, n. 11, p. 2357-2365, 2010.

CONSTANTINIDES, M.; FOWNES, J. H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biology and Biochemistry*, Lincoln, v. 26, n. 1, p. 49-55, 1994.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. *Bragantia*, São Paulo, v. 67, n. 2, p. 261-266, 2008.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 585 p.

DA ROS, C. O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura de solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 135-140, 1996.

DE MORI, C.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. *Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da aveia*. Passo Fundo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Centro Nacional de Pesquisa em Trigo, 2012. (Documentos on line, 136)

DEMÉTRIO, J. V.; COSTA, A. C. T. D.; OLIVEIRA, P. S. R. D. Biomass yield of oat cultivars under different cutting management systems. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 198-205, 2012.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 20, p. 761-773, 1985.

DESCHAMPS, F. C.; RAMOS, L. P. Método para a determinação de ácidos fenólicos na parede celular das forragens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 31, p. 1634-1639, 2002.

DIALLO, M. D.; DUPONNOIS, R.; GUISSÉ, A.; SALL, S.; CHOTTE, J. L.; THIOULOUSE, J. Biological effects of native and exotic plant residues on plant growth, microbial biomass and N availability under controlled conditions. *European Journal of Soil Biology*, Braunschweig, v. 42, n. 4, p. 238-246, 2006.

DIEDERICHSEN, A. Assessments of genetic diversity within a world collection of cultivated hexaploid oat (*Avena sativa* L.) based on qualitative morphological characters. *Genetic Resources and Crop Evolution*, Dordrecht, v. 55, n 3, p. 419–440, 2008.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1714-1723, 2012.

FAVARETTO, A. *Aspectos alelopáticos, fitoquímicos e anatômicos do capim-annoni: (Eragrostis plana Nees)* 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia –Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2014.

FEDERIZZI, L. C.; ALMEIDA, J. L.; DE MORI, C.; LÂNGARO, N. C.; PACHECO, M. T. A importância da cultura da aveia. In: LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. (Orgs.). *Indicações técnicas para a cultura da aveia*: Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 2014. 136 p.

FEDERIZZI, L. C.; MUNDSTOCK, C. M. Fodder oats: an overview for South America (Chapter IV) In: SUTTIE, J. M.; REYNOLDS, S.G. *Fodder oats: a world overview*. Roma: FAO, 2004.

FERRAZZA, J. M.; SOARES, A. B.; MARTIN, T. N.; ASSMANN, A. L.; MIGLIORINI, F.; NICOLA, V. Dinâmica de produção de forragem de gramíneas anuais de inverno em diferentes épocas de semeadura. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, n. 7, p. 1174-1181, 2013.

FLORENTÍN, M. A.; PEÑALVA, M.; CALEGARI, A.; DERPSCH, R.; MCDONALD, M. J. *Integrated crop management: green manure/cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms*. Roma: FAO, 2010.

FLOSS, E. L. Aveia. IN: BAYER, A. C.; FLOSS, E. L.; AUDE, E. S. (Orgs.) *As lavouras de Inverno*. Rio de Janeiro: Globo, 1988. p. 15-74.

FLOSS, E. L.; VÉRAS, A. L.; FORCELINI, C. A.; GOELLNER, C.; GUTKOSKI, L. C.; GRANDO, M. F.; BOLLER, W. Programa de pesquisa de aveia da UPF “30 anos de atividades – 1977-2007”. *Revista Plantio Direto (on line)*, Passo Fundo, 2007. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=785>. Acesso em 12 out. 2016.

FONTANELI, R. S.; DURR, J. W.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; HAUBERT, F.; BORTOLINI, F. Validação do método da reflectância no infravermelho proximal para análise de silagem de milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 594-598, 2002.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S. Uso e abuso da espectroscopia no infravermelho proximal (NIRS). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2007, Pirassununga. *Anais...* Pirassununga: USP, 2007. p.160-193.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na Região Sulbrasileira. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 340 p.

FRANCO, T. L.; HIDALGO, R. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Cali: IPGRI, 2003. (Boletim Técnico, 8).

FREY, L. Distribution of *Avena strigosa* (Poaceae) in Europe. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, Cracóvia, v. 1, n. 36 p. 281-288, 1991.

FUKUSHIMA, R. S.; HATFIELD, R. D. Comparison of the acetyl bromide spectrophotometric method with other analytical lignin methods for determining lignin concentration in forage samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Munique, v. 52, n. 12, p. 3713-3720, 2004.

FUKUSHIMA, R. S.; KERLEY, M. S. Use of lignin extracted from different plant sources as standards in the spectrophotometric acetyl bromide lignin method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Munique, v. 59, n. 8, p. 3505-3509, 2011.

FUKUSHIMA, R. S.; KERLEY, M. S.; RAMOS, M. H.; PORTER, J. H.; KALLENBACH, R. L. Comparison of acetyl bromide lignin with acid detergent lignin and Klason lignin and correlation with *in vitro* forage degradability. *Animal Feed Science and Technology*, Madrid, v. 201, p. 25-37, 2015.

FUKUSHIMA, R. S.; WEIMER, P. J.; KUNZ, D. A. Photocatalytic interaction of resazurin N-oxide with cysteine optimizes preparation of anaerobic culture media. *Anaerobe*, Szeged, v. 8, n. 1, p. 1169-1175, 2002.

FULGUEIRA, C. L.; AMIGOT, S. L.; GAGGIOTTI, M.; ROMERO, L. A.; BASÍLICO, J. C. Forage quality: Techniques for testing. *Fresh Produce Journal*, London, v. 1, n. 2, p. 121-131, 2007.

GALLET, C.; LEBRETON, P. Evolution of phenolic patterns in plants and associated litters and humus of a mountain forest ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, Lincoln, v. 27, n. 2, p. 283-335, 1995.

GHAFFAR, S. H.; FAN, M. Structural analysis for lignin characteristics in biomass straw. *Biomass and Bioenergy*, Aberdeen, v. 57, p. 264-279, 2013.

GOMES, R. A.; LEMPP, B.; JANK, L.; CARPEJANI, G. C.; MORAIS, M. D. G. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 2, 2011.

GRABBER ET AL., 2004 GRABBER, J.H.; RALPH, J.; LAPIERRE, C.; BARRIÈRE, Y. Genetic and molecular basis of grass cell-wall degradability. I. Lignin–cell wall matrix interactions. *Comptes Rendus Biologies*, Paris, v. 327, n. 5, p. 455-465, 2004.

GUIMARÃES, A. K. V. Anatomia comparada com o valor nutritivo de gramíneas forrageiras. *PUBVET*, Londrina, v. 4, n. 3, Art. 726, 2010.

GUIMARÃES, W. N. R.; MARTINS, L. S. S.; SILVA, E. F.; FERRAZ, G. M. G.; OLIVEIRA, F. J. Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 11, p. 37-45, 2007.

HADAS, A.; KAUTSKY, L.; GOEK, M.; KARA, E. E. Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover. *Soil Biology and Biochemistry*, Lincoln, v. 36, n. 2, p. 255-266, 2004.

HARTWIG, I.; SILVA, J. A. G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; BERTAN, I.; VALÉRIO, I. P.; SILVA, G. O.; RIBEIRO, G.; FINATTO, T.; SILVEIRA, G. Variabilidade fenotípica de caracteres adaptativos da aveia branca (*Avena sativa* L.) em cruzamentos dialélicos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 337-345, 2007.

HÄTTENSCHWILER, S.; VITOUSEK, P. M. 2000 Hättenschwiler, S., & Vitousek, P. M. The role of polyphenols in terrestrial ecosystem nutrient cycling. *Trends in Ecology & Evolution*, Maryland Heights, v. 15, n. 6, p. 238-243, 2000.

HOSBINO, A. A.; PALMIERI, D. A.; BRAVO, J. P.; PEREIRA, T. E. B.; LOPES, C. R.; GIMENES, M. A. Marcador microsatélite na conservação de germoplasma vegetal. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, Uberlândia, v. 29, p. 146–150, 2002.

IANUCCI, A.; CODIANNI, P.; CATTIVELLI, L. Evaluation of genotype diversity in oat germplasm and definition of ideotypes adapted to the mediterranean environment. *International Journal of Agronomy*, Brookings, v. 2011, n. 870925, p.1-8, 2011.

IGNACZAK, J.; DE MORI, C.; GARAGORRY, F.; CHAIB FILHO, H. *Dinâmica da produção de aveia grão no Brasil no período de 1975 a 2003*. Passo Fundo: Embrapa Trigo. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online). 2007. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/890129>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

JOHNSON, J. M. F.; BARBOUR, N. W.; WEYERS, S. L. Chemical composition of crop biomass impacts its decomposition. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 71, n. 1, p. 155-162, 2007.

JUNG, H. G.; VOGEL, K. P. Influence of Lignin on Digestibility of Forage Cell Wall Material. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 62, n. 6, p. 1703-1712, 1986.

JUNG, H. J. G.; VOGEL, K. P. Lignification of switchgrass (*Panicum virgatum*) and big bluestem (*Andropogon gerardii*) plant parts during maturation and its effect on fibre degradability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Londres, v. 59, n. 2, p. 169-176, 1992.

KARBERG, N. J.; SCOTT, N. A.; GIARDINA, C. P. Methods for estimating litter decomposition. In: HOOVER, C. M. (Ed.). *Field measurements for forest carbon monitoring: a landscape-scale approach*. Houten: Springer Netherlands, 2008. 240 p.

KHOULI, S.; KHAMASSI, K.; SILVA J. A. T. da; CHAABANE R.; NACEUR, M. B. B. Morphological and molecular characterization of six of the most frequently cultivated hard wheat varieties in Tunisia. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, Ebene, v. 4, n. 7, p. 106-114, 2012.

KILCHER, M. R.; TROELSEN, J. E. Contribution and nutritive value of the major plant components of oats through progressive stages of development. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v. 53, n. 2, p. 261-256, 1973.

KIMMINS, J. P. *Forest Ecology*, 3 ed. Vancouver: University of British Columbia, 2004. 531 p.

KUBIAK, K. Genetic diversity of *Avena strigosa* Schreb. ecotypes on the basis of isoenzyme markers. *Biodiversity: Research and Conservation*, Poznań, v. 15, p. 23–28, 2009.

KUINCHTNER, A.; BURIAL, G. A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação de Köppen e Thornthwaite. *Disciplinarum Scientia*, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 171-182, 2001.

KUZYAKOV, Y.; FRIEDEL, J. K.; STAHR, K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biology and Biochemistry*, Lincoln, v. 32, n. 11-12, p. 1485–1498, 2000.

LAJÚS, C. R.; MIRANDA, M.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; CARNEIRO, C. M.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Leaf tissues proportion and chemical composition of *Axonopus jesuiticus* x *A. scoparius* as a function of pig slurry application. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 276-282, 2013.

LANGARO, N. C. Perspectivas para a produção de sementes de aveia. *Revista Cultivares (on line)*, Passo Fundo, 2015. Disponível em: <<http://www.cultivares.com.br/noticias/index.php?c=5440>>. Acesso em: 09 ago.2016.

LANGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. (Orgs.). *Indicações técnicas para a cultura da aveia*. Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 2014. 136 p.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., São Paulo, 2001. *Proceedings...* São Paulo, 2001. p. 29-37.

LEMPP, B. Avanços metodológicos da microscopia na avaliação de alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 36, p. 315-329, 2007. (Suplemento especial)

LORENZ, K.; LAL, R.; SHIPITALO, M. J. Stabilization of organic carbon in chemically separated pools in no-till and meadow soils in Northern Appalachia. *Geoderma*, Beijing, v. 137, n. 1, p. 205-211, 2006.

LOWRY, J. B.; CONLAN, A. C.; SCHLINK, A. C.; MCSWEENEY, C. S. Acid detergent dispersible lignin in tropical grasses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Hamilton, v. 65, n. 1, p. 41-49, 1994.

LUPWAYI, N. Z.; CLAYTON, G. W.; O'DONOVAN, J. T.; HARKER, K. N.; TURKINGTON, T. K.; SOON, Y. K. Nitrogen release during decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v. 86, n. 1, p. 11-19, 2006.

MACADAM, J. W.; GRABBER, J. H. Relationship of growth cessation with the formation of diferulate cross-links and rcoumaroylated lignins in tall fescue leaf blades. *Planta*, Bonn, v. 215, n. 5, p. 785-793, 2002.

MACHADO, L. A. Z. *Aveia: forragem e cobertura do solo*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. 16 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Coleção Sistema Plantio Direto, 3).

MACHINET, G. E.; BERTRAND, I.; BARRIÈRE, Y.; CHABBERT, B.; RECOUS, S. Impact of plant cell wall network on biodegradation in soil: Role of lignin composition and phenolic acids in roots from 16 maize genotypes. *Soil Biology and Biochemistry*, Lincoln, v. 43, n. 7, p. 1544-1552, 2011.

MACHINET, G. E.; BERTRAND, I.; CHABBERT, B.; RECOUS, S. Decomposition in soil and chemical changes of maize roots with genetic variations affecting cell wall quality. *European Journal Of Soil Science*, v. 60, n. 2, p. 176-185, 2009.

MARCOLINI, L. W. *Produção e decomposição de coberturas vegetais de inverno e sua influência na infestação e fitossociologia de plantas daninhas*. 2009. 77 f. Tese (Doutorado em Agronomia. Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

MEINERZ, G. R.; OLIVO, C. J.; FONTANELI, R. S.; AGNOLIN, C. A.; FONTANELI, R. S.; HORST, T.; VIÉGAS, J.; DE BEM, C. M. Valor nutritivo da forragem de genótipo de cereais de inverno de duplo propósito. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 40, n. 6, p. 1173-1180, 2011.

MENDONCA, V. Z. D.; MANO DE MELLO, L. M.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, É. H.; PEREIRA, B. L.; CEZAR, F. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 183-193, 2015.

MERTENS, D. R. Factors influencing feed intake in lactating dairy cows: from theory to application using neutral detergent fiber. In: GEORGIA NUTRITION CONFERENCE, 1985, Athens. *Proceedings...* Athens: University of Georgia, 1985. p. 1-18.

MOHAMMED, A. M.; NARTEY, E.; NAAB, J. B.; ADIKU, S. G. K. A simple model for predicting plant residue decomposition based upon their C/N ratio and soil water content. *African Journal of Agricultural*, Ago Iwoye, v. 8, n. 19, p. 2153-2159, 2013.

MOLITERNO, E. A. Variables básicas que definen el comportamiento productivo de mezclas forrajeras en su primer año. *Agrociencia*, Montevideo, v. 6, n. 1, p. 40-52, 2002.

MONEGAT, C. *Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades*. Chapecó: Ed. do Autor, 1991. 337 p.

MOORE, J. A. Forage quality indices: development and application. In: MERTENS, D. R., FAHEY JR, G. C.; COLLINS, M.; MOSER, L. E. (Eds.). *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. Madison: American Society of Agronomy Inc., 1994. p. 967-998.

MOREIRA, A. L.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A.; SEIXAS, P. F.; PEDREIRA, M. S.; GODOY, R. Avaliação da aveia-preta e de genótipos de aveia amarela para a produção de forragem. *ARS Veterinária*, Jaboticabal, v. 21, n. 4, p. 175-182, 2008.

MORENO-CORNEJO, J.; ZORNOZA, R.; FAZ, A. Carbon and nitrogen mineralization during decomposition of crop residues in a calcareous soil. *Geoderma*, Beijing, v. 230-231, p. 58-63, 2014.

NORO, G.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; FONTANELI, R. S.; ANDREATTA, E. Gramíneas anuais de inverno para produção de forragem: avaliação preliminar de genótipos. *Agrociência*, Pelotas, v. 7, n. 1, p. 35-40, 2003.

OLIVEIRA, A. C.; COIMBRA, J.; CARVALHO, F.; GUIDOLIN, A. Criação de variabilidade genética no caráter estatura de planta em aveia: hibridação artificial x mutação induzida. *Current Agricultural Science and Technology*, Pelotas, v. 10. n. 3, p. 273-280, 2004.

OLSEN, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, Washington, v. 44, n. 2, p. 322-331, 1963.

PACIULLO, D. S. C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 357-364, 2002.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, D. S.; SILVA, E. D. Correlações entre componentes anatômicos, químicos e digestibilidade in vitro da matéria seca de gramíneas forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 955-963, 2001.

PETERSON, D. M.; WESENBERG, D. M.; BURRUP, D. E.; ERICKSON, C. A. Relationships among Agro nomic traits and grain composition in oat genotypes grown in different environments, *Crop Science*, Madison, v. 45, n. 4, p. 1249-1255, 2005.

PRIMAVESI, O.; GODOY, R.; SOUZA, F. H. D. *Avaliação de genótipos e recomendação de genótipos de aveia para cobertura de solo, na Região Sudeste, para o ano de 2007*. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 4 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado técnico, 66).

QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, J. A.; MARIA, J. Avaliação da folha e do colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. 2. Anatomia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 61-68, 2000.

RAM, J.; PANWAR, D. V. S. Interspecific divergence in rice (*Oriza sativa* L.). *Indian Journal Genetic*, Nova Delhi, v. 30, n. 1-2, p. 1-10, 1970.

RAMANATHA, R. V.; HODGKIN, T. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, Paris, v. 68, n. 1. p. 1-19., 2002.

RANCOUR, D.; MARITA, J.; HATFIELD, R. D. Cell wall composition throughout development for the model grass *Brachypodium distachyon*. *Frontiers in plant science*, Lausana, v. 3, n. 266, p. 1-14, 2012.

RANGEL, M. A. S.; MARANHO, E.; SILVA, F. O. *Manejo da aveia-preta em sistema de produção Agropecuário integrado*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 13), 2002. 19 p.

REDIN, M.; GUÉNON, R.; RECOUS, S.; SCHMATZ, R.; DE FREITAS, L. L.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Carbon mineralization in soil of roots from twenty crop species, as affected by their chemical composition and botanical family. *Plant and Soil*, Haia, v. 378, n. 1-2, p. 205-214, 2014.

REEVES, D. W. Cover crops and rotations. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. (Ed.). *Crop Residues Management*. F. Lewis: J. Wiley, 1994. p.125-172.

REINERTSEN, S. A.; ELLIOTT, L. F.; COCHRAN, V. L.; CAMPBELL, G. S. The role of available C and N in determining the rate of wheat straw decomposition. *Soil Biology & Biochemistry*, Georgia, v. 16, p. 459-464, 1984.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; COAN, O.; RESENDE, K. T. Efeitos de diferentes épocas de colheita sobre a produção de forragem e de sementes de aveia-preta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 27, n. 1, p.111-117, 1992.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2003.

ROTILI, E. A.; CANCELLIER, L. L.; DOTTO, M. A.; PELUZIO, J. M.; CARVALHO, E. V. Divergência genética em genótipos de milho, no Estado do Tocantins. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 516-521, 2012.

SÁ, J. C. M. *Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24 p.

SALOMÃO, A. N. *Manual de curadores de germoplasma vegetal: glossário*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. (Documentos, 326).

SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia-preta. I- Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. Seção VI- Manejo e Conservação do solo e da água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, p. 1075-1083, 2003.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. *Cereais de inverno de duplo propósito para integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 104p

SARTORI, J. F. *A valiosa aveia-preta*. Disponível em: <http://www.cultivares.com.br/noticias>. Acesso em 20 de julho de 2016.

SAVIOZZI, A.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALDI, R.; VANNI, G. Role of chemical constituents of wheat straw and pig slurry on their decomposition in soil. *Biology and Fertility of Soils*, Firenze, v. 25, n. 4, p. 401-406, 1997.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; RODRIGUES, G. L.; BORDIGNON, M. V. Caracterização morfofisiológica e anatômica de *Paspalum urvillei* (Steudel). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1674-1679, 2002a.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; JACQUES, A. V. A.; DALL' AGNOL, M. Alocação da biomassa e correlações morfofisiológicas em leguminosas forrageiras com hábitos de crescimento contrastantes. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 629-634, 2002b.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; FONTANELI, R. S.; DÜRR, J. W. Valor nutritivo de forragens: concentrados, pastagens e silagens. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo - Centro de Pesquisa em Alimentação, 2003. 31p.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; ORSATO, J.; MORO, G. V.; ALBUQUERQUE, A. C. S. Divergência genética em germoplasma de aveias silvestres com base em caracteres multicategóricos e quantitativos. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 59, n. 5, p. 654-667, 2012.

SCHULTZE-KRAFT, R.; 't MANNETJE, L. Evaluation of species and cultivars. In: 't MANNETJE, L.; JONES, R.M. *Field and laboratory methods for grassland and animal production research*. Wallington: CAB International, 2000.

SCOTTISH LANDRACE. *Small Oat or Shetland Oat (Avena strigosa Schreb.)*. Disponível em: <http://www.scottishlandraces.org.uk/oat.htm>. Acesso em: 20 de julho de 2016.

SENEVIRATNE, G. Litter quality and nitrogen release in tropical agriculture: a synthesis. *Biology and Fertility of Soils*, Firenze, v. 31, n. 1, p. 60-64, 2000.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. de (Coord). *Fertilidade do Solo*. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 1011-1020, 2006.

SILVEIRA, G. *Caracterização da variabilidade gerada por hibridações artificiais e mutações em caracteres de importância Agronômica em aveia-preta*. 2009. 63 f. Dissertação (Mestrado. em fitomelhoramento) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

SILVEIRA, G.; MOLITERNO, E.; RIBEIRO, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; NORBERG, R.; BARETTA, D.; ITAMARA MEZZALIRA, I. Variabilidade genética para características Agronômicas superiores em cruzamentos biparentais de aveia-preta. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 4, p. 823-832, 2010.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *Indian Journal of Genetic Plant Breeding.*, Nova Déli, v. 41, p. 237-245, 1981.

STEVENS, E. J. Fodder oats: a world overview (Chapter II) In: SUTTIE, J. M.; REYNOLDS, S.G. *Fodder oats: a world overview. Plant Production and Protection Series*. Roma: FAO, 2004.

STEVENSON, F. J. Organics forms of soil nitrogen. In: STEVENSON, F. J. (Ed.) *Humus chemistry: genesis, composition and reactions*. 2 ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1994. p. 59-95.

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L. *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 1550-1572.

SUTTIE, J. M.; REYNOLDS, S. G. Background to fodder oats worldwide (Chapter I) In: SUTTIE, J. M.; REYNOLDS, S. G. *Fodder oats: a world overview*. Plant Production and Protection Series, n. 33, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma: FAO, 2004.

TAFERNABERRI JUNIOR, V. *Avaliação agronômica e caracterização morfológica de linhagens de Avena sativa L. e Avena strigosa S. em duas regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul*. 2010. 190 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

TIAN, G.; BRUSSAARD, L.; KANG, B. T. An index for assessing the quality of plant residues and evaluating their effects on soil and crop in the (sub-) humid tropics. *Applied Soil Ecology*, Firenze, v. 2, n. 1, p. 25-32, 1995.

TILLEY, J. A.; TERRY, R. A. Two stages techniques for in vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*, Cheshire, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. *Soil Biology & Biochemistry*, Leicestershire, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, 1993.

TONATO, F.; CARNEIRO, B.; PEDREIRA, C. G. S.; PEQUENO, D. N. L. Aveia preta e azevém anual colhidos por interceptação de luz ou intervalo fixo de tempo em sistemas integrados de agricultura e pecuária no Estado de São Paulo. *Ciência rural*, Santa Maria, v. 44, n. 1, p. 104-110, 2014.

TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, D.; CHÈNEBY, D.; NICOLARDOT, B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under non limiting nitrogen conditions. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 64, n. 3, p. 918-926, 2000.

USDA. *Grain: world markets and trade. Foreign*. Washington: Agricultural Service Circular, J 2015. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>>. Acesso em 15 jun. 2016.

VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous foods II: A rapid method for the determination of fibre and lignin. *Association of Official Analytical Chemists Journal*, Rockville, v. 46, n. 1, p. 829–835, 1963.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 74, n. 1, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 373 p.

VARELA, M. F.; SCIANCA, C. M.; TABOADA, M. A.; RUBIO, G. Cover crop effects on soybean residue decomposition and P release in no-tillage systems of Argentina. *Soil and Tillage Research*, Florença, v. 143, n. 1, p. 59-66, 2014.

VAZ DE MELO, A.; GALVÃO, J. C. C.; BRAUN, H.; DOS SANTOS, M. M.; COIMBRA, R. R.; DA SILVA, R. R.; DOS REIS, W. F. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 2, p. 411-420, 2011.

VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S. *Caracterização química de metabólitos secundários em germoplasma vegetal. Recursos genéticos vegetais*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 343-372,

WILSON, J. R. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. *Anais...* Viçosa: Ed. da Universidade Federal de Viçosa. 1997. p. 173-208.

ANEXOS

ANEXO I



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO
SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA
DEPARTAMENTO DE FISCALIZAÇÃO DE INSUMOS AGRÍCOLAS
REGISTRO NACIONAL DE GENÓTIPOS

REQUISITOS MÍNIMOS PARA DETERMINAÇÃO DO VALOR DE CULTIVO E USO DE AVEIA PRETA (FORRAGEIRA) (*Avena strigosa* Schreb.) E INSCRIÇÃO NO REGISTRO NACIONAL DE CULTIVARES – RNC

I – Avaliação

A) Número de locais: três locais em regiões edafoclimáticas de importância para a espécie;

B) Período mínimo de realização: dois anos;

C) Condução do experimento: o experimento deverá ser conduzido, preferencialmente, em solos representativos das condições edafoclimáticas da região onde se destina a espécie forrageira; densidade de semeadura de 6,0 gramas de sementes puras viáveis por metro quadrado; cortes para avaliação de matéria verde e matéria seca entre 20 e 30 cm de altura e resíduo de, aproximadamente, 8 a 10 cm.

II – Delineamento experimental

A) Delineamento estatístico: blocos completamente casualizados, com o mínimo de três repetições;

B) Tamanho da parcela: 8 linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas de 0,2 metros, sendo consideradas úteis as 4 linhas centrais, eliminando-se 0,5 metros nas extremidades;

C) Testemunha: deverão ser usadas, no mínimo, duas genótipos da mesma espécie entre as mais utilizadas na região dos experimentos;

D) Somente deverão ser validados os experimentos com coeficientes de variação de no máximo 20%.

III – Características a serem avaliadas

A) Descritores (item 8 do formulário)

- a) Quilha da lema fértil acentuadamente abaulada na região mediana; quilha e nervuras marginais densamente vilosas, pêlos cerdosos e dispersos na extremidade; aristas do rudimento e da lema fértil aproximadamente iguais; coloração fulva ou acastanhada;
- b) Quilha da lema fértil arqueada, mas não acentuadamente abaulada como a descrita acima; nervuras da quilha glabras ou esparsamente pubescentes; aristas do rudimento mais curtas que a do flósculo fértil; coloração amarelada;
- c) Lemas férteis com 3 a 3,5 mm de comprimento e 1 mm de largura, compridas lateralmente, com ranhura rasa entre a quilha e as nervuras marginais;
- d) Altura da planta, em centímetros.

B) Características agronômicas (item 9 do formulário)

- a) Altura da planta na data do corte;
- b) Relação folha/colmo;
- c) População de plantas estabelecida por área no início do perfilhamento;
- d) Percentagem de área coberta no primeiro corte;
- e) Matéria verde, matéria seca ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}$);
- f) Capacidade de rebrota (alta, média e baixa).

C) Reação a pragas (item 10 do formulário): informar a ocorrência, o patógeno, inseto etc., o fator e o grau de incidência ou severidade a campo (0 - ausência; 1 - baixa; 2 - média; 3 - alta);

D) Reação à adversidade (item 11 do formulário): apresentar indicadores de tolerância, metodologia e critérios de avaliação;

E) Avaliação de produtividade (item 12 do formulário): produção média de matéria verde, matéria seca e sua distribuição ao longo do ciclo de cultivo;

F) Avaliação da qualidade (item 13 do formulário): apresentar informações sobre teor de proteína bruta, digestibilidade da matéria seca e outras determinações que sejam relevantes;

G) Informações adicionais que poderão ser apresentadas, a critério do obtentor/detentor, para fins de melhor identificação do material (item 14 do formulário)

- a) Reação a adversidades (seca, frio): apresentar indicadores de tolerância, metodologia e critérios de avaliação;
- b) Reação a agrotóxicos;
- c) Aptidão para consorciação;
- d) Recomendações básicas de manejo;
- e) Caracterização bromatológica;
- f) Profundidade de semeadura;
- g) Caracterização molecular (descrição em nível molecular);

h) Produção de sementes (peso total dos grãos das parcelas úteis, ajustado para 13% de umidade);

Formulário para a inscrição de genótipos de Aveia Preta (forrageira)
(*Avena strigosa* Schreb.) no Registro Nacional de genótipos – RNC

1. Identificação

Nome científico da espécie:

Nome comum da espécie:

Denominação da cultivar:

Grupo de espécie a que pertence: forrageira Protocolo (para uso exclusivo do RNC):

2. Requerente

Nome:

CNPJ/CPF:

Endereço:

Município: UF: País:

Caixa Postal: CEP:

Telefone: Fax:

Endereço eletrônico:

3. Responsável pelas informações: Representante legal Procurador Técnico

Nome:

CNPJ/CPF:

Endereço:

Município: UF:

Caixa Postal: CEP:

Telefone: Fax:

Endereço eletrônico:

4. Instituição(ões) responsável(eis) pelo(s) ensaio(s): requerente contratada conveniada Outras (citar):

Nome:

CNPJ/CPF:

Endereço:

Município: UF:

Caixa Postal: CEP:

Telefone: Fax: Endereço eletrônico:

Técnico(s) responsável(eis) pelo(s) ensaio(s):

(Se necessário, utilizar folha anexa)

5. Informações complementares

5.1. Cultivar protegida: sim (nº certificado) não

Em caso positivo indicar o(s) país(es):

5.2. Cultivar transferida: sim não

5.3. Cultivar estrangeira: sim não País de origem:

5.4. Cultivar essencialmente derivada: sim não

5.5. Organismo geneticamente modificado: sim não

Em caso positivo, anexar documento comprovando a desregulamentação do referido OGM.

6. Origem da cultivar

6.1. Instituição(ões) ou empresa(s) criadora(s), detentora(s) e/ou introdutora(s):

6.2. Melhorista (s) participante(s) na obtenção/introdução: (anexar declaração do melhorista responsável)

6.3. Cruzamento

- Ano de realização:

- Local:

- Instituição que realizou:

6.4. Genealogia

- Parentais imediatos:

- Relatório técnico do processo de seleção: (apresentar no caso da cultivar não estar protegida no Brasil)

6.5. Denominação experimental ou pré-comercial:

7. Avaliação da cultivar

7.1. Locais de avaliação

- Município, UF:

- Altitude:

- Latitude:

- Tipo de Solo:

- Época de Plantio:

- Outros fatores bióticos/abióticos:

7.2. Região de adaptação: (apresentar indicadores da adaptação da cultivar em relação à altitude, latitude, época de plantio e/ou outros fatores bióticos/abióticos, a critério do responsável pelo ensaio/requerente)

8. Descritores

8.1. Quilha da lema fértil acentuadamente abaulada na região mediana:

8.2. Quilha da lema fértil arqueada, mas não acentuadamente abaulada:

8.3. Lemas férteis:

8.4. Altura da planta (cm):

9. Características agronômicas

9.1. Altura da planta na data do corte:

9.2. Relação folha/colmo:

9.3. População de plantas estabelecida por área no início do perfilhamento:

9.4. Percentagem de área coberta no primeiro corte:

9.5 Matéria verde, matéria seca:

9.6 Capacidade de rebrota:

10. Reação a pragas: (0 - ausência; 1 – baixa; 2 – média; 3 – alta)

10.1. Doenças foliares:

10.2. Doenças do colmo:

10.3. Outros patógenos (relacionar):

10.4. Insetos (relacionar):

11. Reação a adversidades

11.1. Reação à seca:

11.2. Reação a baixas temperaturas:

11.3. Reação a altas temperaturas (ocorridas durante a fase reprodutiva):

11.4. Outros fatores:

12. Avaliação da produtividade: (apresentar, na forma do modelo a seguir, os rendimentos médios da cultivar objeto de registro e das testemunhas, por região edafoclimática, local e ano)

Região Edafoclimática

Local

Ano

Produtividade (kg.ha⁻¹)

MV: *MV = produtividade média de massa verde (kg.ha⁻¹.ano)

MS: ** MS = produtividade média de massa seca (kg.ha⁻¹.ano) em 12% de umidade

C.V. (%)

Obs.: Informar a distribuição ao longo do ciclo de cultivo.

13. Avaliação da qualidade

13.1. Proteína bruta:

13.2. Digestibilidade da matéria seca:

13.3. Outras determinações:

14. Informações adicionais que poderão ser apresentadas, a critério do obtentor/detentor, para fins de melhor identificação do material

14.1. Reação a adversidades:

14.2. Reação a agrotóxicos:

14.3. Aptidão para consorciação:

14.4. Recomendações básicas de manejo:

14.5. Caracterização bromatológica:

14.6. Profundidade de semeadura:

14.7. Caracterização molecular:

14.8. Produção de sementes:

14.9. Limitações da cultivar:

14.10. Outras características importantes ou que possam distinguir a cultivar em questão das demais já catalogadas:

j) Limitações da cultivar (condições de cultivo e de uso que devem ser evitadas);

i) Outras características importantes ou que possam distinguir a cultivar em questão das demais já catalogadas.

IV – Atualização de informações

Novas informações sobre a cultivar, tais como: mudanças na região de adaptação, reação a pragas, doenças, limitações etc., devem ser enviadas, nos mesmos modelos do VCU, para serem anexadas ao Cadastro Geral do Registro Nacional de genótipos.

OBSERVAÇÃO: no preenchimento do formulário, sempre que necessário, utilizar folhas anexas.

Publicado no Diário Oficial da União, Seção 1, 23/06/2003

ANEXO 2

INSTRUÇÕES PARA EXECUÇÃO DOS ENSAIOS DE DISTINGUIBILIDADE, HOMOGENEIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE AVEIA (*Avena* spp.)

I. OBJETIVO

Estas instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade aplicam-se às cultivares de aveia (*Avena* spp).

II. EXECUÇÃO DOS ENSAIOS DE DISTINGUIBILIDADE, HOMOGENEIDADE E ESTABILIDADE – DHE

1. Cada ensaio incluirá no mínimo 2000 plantas, em densidade normal de semeadura, as quais deverão ser divididas em duas ou mais repetições, e será conduzido em condições que assegurem o desenvolvimento normal das plantas. O tamanho das parcelas deverá ser tal que as plantas, ou partes de plantas, possam ser retiradas para medições e contagens, sem prejuízo das observações que deverão ser feitas no final do período de desenvolvimento. Se forem conduzidas avaliações de panícula por fileira, pelo menos 100 fileiras de panículas deverão ser observadas. Parcelas separadas, para observações e medições, somente poderão ser usadas se tiverem sido submetidas a condições ambientais similares.
2. Os ensaios serão conduzidos por, no mínimo, dois períodos similares de cultivo.
3. Os ensaios serão, normalmente, conduzidos na mesma área experimental e nas mesmas épocas de semeadura. Se alguma característica importante da cultivar não puder ser observada naquele local, a cultivar poderá ser avaliada em um local adicional.
4. Avaliações adicionais para fins especiais poderão ser estabelecidas (eletroforese por exemplo).
5. Todas as observações para determinação de distinguibilidade e de estabilidade deverão ser feitas em, no mínimo, 20 plantas ou partes de 20 plantas.
6. Na determinação, por avaliação visual, da homogeneidade das características observadas, em parcelas instaladas em densidade normal de

semeadura, o número máximo de plantas, ou partes de plantas atípicas permitido será de 5 em 2000.

7. Na determinação, por avaliação visual, da homogeneidade de características em panículas por fileira, o número de fileiras, com plantas ou partes de plantas atípicas, não deverá exceder 3 em 100.

III. SINAIS CONVENCIONAIS

(*) As características identificadas com um asterisco fazem parte das exigências mínimas da UPOV.

(+) Ver item "OBSERVAÇÕES E FIGURAS".

IV. AMOSTRA VIVA

1. Para atender ao disposto no art. 22 e seu parágrafo único da Lei 9.456 de 25 de abril de 1997, o requerente do pedido de proteção obrigará-se a manter e apresentar ao SNPC, amostras vivas da cultivar objeto de proteção, como especificadas a seguir:

-1kg de sementes como amostra de manipulação (apresentar ao SNPC)

-1 kg de sementes como germoplasma (apresentar ao SNPC)

-1 kg mantida pelo obtentor.

A semente não deverá ser tratada, salvo em casos excepcionais, devidamente justificados.

2. O material deverá apresentar vigor e boas condições sanitárias.

3. Amostras vivas de genótipos estrangeiras deverão ser mantidas no Brasil.

4. A amostra deverá ser disponibilizada ao SNPC após a obtenção do Certificado de Proteção. Entretanto, sempre que durante a análise do pedido, for necessária a apresentação da amostra para confirmação de informações, o solicitante deverá disponibilizá-la.

V. INSTRUÇÕES DE PREENCHIMENTO

1. Para facilitar a avaliação das diversas características, foi elaborada uma escala de códigos com valores que normalmente variam de 1 a 9.

1.1. Quando as alternativas de código forem seqüenciais, isto é, quando não existirem espaços entre os diferentes valores, e a escala começar pelo valor 1, a identificação da característica deverá ser feita necessariamente por um dos

valores listados. Exemplo: "Grão: cor do lema" : valor 1 para "branca"; valor 2 para "amarela"; valor 3 para "marrom"; valor 4 para "cinza" e valor 5 para "preta". Somente uma destas cinco alternativas será aceita para preenchimento.

1.2. Quando as alternativas de código não forem seqüenciais, isto é, se existirem um ou mais espaços entre os valores propostos, a descrição da característica poderá recair, além das previstas, em variações intermediárias. Exemplo: "Grão primário: comprimento da ráquila" : codifica o valor 3 para "curto"; 5 para "médio" e 7 para "longo". Neste caso poderá ser escolhido, por exemplo, o valor 4, que indicaria que o comprimento da ráquila é entre curto e médio, ou ainda poderá ser escolhido qualquer valor entre 1 e 9. Neste último caso, um valor 2 indicaria um comprimento muito curto e um valor 9 classificaria a ráquila como extremamente longa.

1.3 Se os códigos começarem pelo valor 1, o valor do outro extremo da escala será o máximo permitido. Exemplo: "Folha bandeira: posição". O valor 1 corresponde a "ereta", o valor 3 a "intermediária" e o valor 5 a "decumbente". Nesse caso, podem ser escolhidos, por exemplo, os valores 2 ou 4 intermediários e não existem valores acima de 5.

2. Para solicitação de proteção de cultivar, o interessado deverá apresentar, além deste, os demais formulários disponibilizados pelo Serviço Nacional de Proteção de genótipos.

IV. TABELA DE DESCRITORES DE AVEIA (*Avena* spp.)

Nome da espécie (comum e científico):.....

Nome proposto para a cultivar.....

Característica (*)	Descrição da característica	Código para cada descrição	Código da cultivar
1.Planta: hábito vegetativo (+) (25-29)	Vertical	1	
	Semi-vertical	3	
	Intermediário	5	
	Semi-prostrado	7	
	Prostrado	9	
2.Folha(inferior): pilosidade da bainha (+) (25-29)	Fraca	3	
	Média	5	
	Forte	7	
3. Folha: pilosidade das bordas da lâmina	Ausente ou muito fraca	1	
	Fraca	3	

imediatamente abaixo da folha bandeira (*) (+) (40-45)	Média Forte Muito forte	5 7 9	
4. Planta: frequência de plantas com folha bandeira recurvada (+) (47-51)	Ausente ou muito baixa Baixa Média Alta Muito alta	1 3 5 7 9	
5. Folha bandeira: posição (+) (47-51)	Ereta Intermediária Decumbente	1 3 5	
6. Ciclo: até emergência das panículas (primeira espiguetas visível em 50% das panículas) (*) (50-52)	Muito precoce Precoce Médio Tardio Muito tardio	1 3 5 7 9	
7. Colmo: pilosidade do nó superior (*) (60-65)	Ausente Presente	1 2	
8. Colmo: intensidade da pilosidade do nó superior (+) (60-65)	Ausente ou muito fraca Fraca Média Forte Muito forte	1 3 5 7 9	
9. Panícula: posição das ramificações (+) (70-75)	Ereta Semi-ereta Horizontal Semi-decumbente Decumbente	1 3 5 7 9	
10. Panícula: orientação da ramificação (+) (70-75)	Unilateral Parcialmente unilateral Equilateral	3 5 7	
11. Panícula: densidade (somente para Avena sativa) (+) (70-75)	Baixa Média Alta	3 5 7	
12. Panícula: posição das espiguetas (+) (70-75)	Ereta Decumbente	1 2	
13. Gluma: comprimento (70-75)	Curto Médio Longo	3 5 7	
14. Grão primário: cerosidade do lema (*) (70-75)	Ausente Presente	1 2	
15. Grão primário: intensidade da cerosidade do lema (*) (70-75)	Muito fraca Fraca Média Forte	1 3 5 7	

	Muito forte	9	
16. Planta: comprimento (colmo e panícula) (*) (+) (80-85)	Muito curto	1	
	Curto	3	
	Médio	5	
	Longo	7	
	Muito longo	9	
17. Panícula: comprimento do eixo floral (+) (80-85)	Muito curto	1	
	Curto	3	
	Médio	5	
	Longo	7	
	Muito longo	9	
18. Gluma: forma (+) (92)	Pontiaguda	1	
	Lanceolada	2	
	Elíptica	3	
19. Gluma: pilosidade (92)	Ausente	1	
	Presente	2	
20. Grão: casca (*) (92)	Ausente	1	
	Presente	2	
21. Grão primário: pilosidade da base (*) (92)	Ausente ou muito fraca	1	
	Fraca	3	
	Média	5	
	Forte	7	
	Muito forte	9	
22. Grão primário: comprimento dos pêlos basais (+) (92)	Curto	3	
	Médio	5	
	Longo	7	
23. Grão primário: comprimento da ráquila (+) (92)	Curto	3	
	Médio	5	
	Longo	7	
24. Grão primário: comprimento do lema (92)	Muito curto	1	
	Curto	3	
	Médio	5	
	Longo	7	
	Muito longo	9	
25. Grão: cor do lema (*) (92)	Branca	1	
	Amarela	2	
	Marrom	3	
	Cinza	4	
	Preta	5	
26. Grão primário: pilosidade na face externa do lema (exceto para Avena sativa) (+) (92)	Ausente	1	
	Presente	2	
27. Grão primário: tendência ao aristamento (somente para Avena sativa) (92)	Ausente ou muito baixa	1	
	Baixa	3	
	Média	5	
	Alta	7	

	Muito alta	9	
28. Grão: tipo de arista (+) (92)	Geniculado	1	
	Retorcido	2	
	Reto e curto	3	
	Reto e longo	4	

(*) Todas as características identificadas com u asterisco, fazem parte das exigências mínimas da UPOV.

(+) Ver item VII – Observações e Figuras

() Indicação da fase fenológica indicada para avaliação da característica segundo a escala "Decimal Code for the Growth Stagens of Cereals", reproduzida de EUCARPIA Bulletin N° 7, 1974.

I. OBSERVAÇÕES E FIGURAS

As observações e figuras farão parte do formulário a ser disponibilizado pelo SNPC aos interessados.

II. CULTIVARES SEMENLHANTES E DIFERENÇA(S) ENTRE ELAS E A CULTIVAR A SER PROTEGIDA

1. Para efeito de comparação, pode ser utilizada mais de uma cultivar, desde que: se indique claramente a denominação da cultivar; se identifique a(s) que a(s) diferencia(m) da cultivar a ser protegida e se expresse claramente, a diferença quanto a característica escolhida.

2. Indicar, preferencialmente, como característica de distinção entre os genótipos, alguma característica constituinte da Tabela de Descritores.

3. Se, na diferenciação entre os genótipos, ocorrer uma característica importante que não esteja referida na tabela, indicá-la, identificando o tipo de característica (fisiológica, fenológica, bioquímica, etc.) e especificando claramente a diferença entre elas.

4. Se a expressão da característica for similar, mas existir uma magnitude na expressão dessa diferença, é preciso indicar tal magnitude.

5. A(s) cultivar(es) mais parecida(s) deverá(ão) ser preferencialmente cultivar(es) protegida(s) ou, se não for(em) protegida(s), deve(m) estar inscrita(s) no Registro Nacional de genótipos – RNC ou constar(em) da listagem nacional no país de origem.

DIFERENÇA(S) ENTRE A(S) CULTIVAR(ES) MAIS PARECIDA(S) E A CULTIVAR APRESENTADA

Denominação da(s) cultivar(es) mais parecida(s)

Característica(s) que a(s) diferencia(m)

Expressão da característica na(s) cultivar(s) mais parecida(s)

Expressão da característica na cultivar apresentada