

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA
AGR99006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Gabriela Petry da Silva
00261323**

*Acompanhamento de Atividades Práticas do Melhoramento de Trigo no Laboratório de
Pesquisa da Biotrigo Genética.*

PORTO ALEGRE, Maio de 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA

**Acompanhamento de Atividades Práticas do Melhoramento de Trigo no
Laboratório de Pesquisa da Biotrigo Genética.**

Gabriela Petry da Silva
00261323

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito para obtenção do Grau de Engenheira
Agrônoma, Faculdade de Agronomia, Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor de campo do Estágio: Eng. Agr., Msc. Gustavo Mazurkiewicz

Orientador Acadêmico do Estágio: Profa. Eng. Agr., Dra. Renata Pereira da Cruz

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Prof. Pedro Alberto Selbach - Departamento de Solos (Coordenador)

Prof. Alberto Vasconcellos Inda Junior - Departamento de Solos

Prof. Alexandre de Mello Kessler - Departamento de Zootecnia

Prof. André Luis Thomas - Departamento de Plantas de Lavoura

Profa. Carine Simioni - Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia

Profa. Carla Andréa Delatorre - Departamento de Plantas de Lavoura

Prof. José Antônio Martinelli - Departamento de Fitossanidade

Prof. Sérgio Luiz Valente Tomasini - Departamento de Horticultura e Silvicultura

PORTO ALEGRE, Maio de 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter sempre me guiado e iluminado durante toda minha trajetória na Graduação, me dando força, coragem e ânimo para vencer cada obstáculo.

Ao meus pais, Eduarte Lopes da Silva e Elvira Ines Petry, por terem desempenhado papel fundamental ao longo de toda minha vida, me ensinando o significado do verdadeiro amor. Agradeço imensamente por toda paciência, dedicação, ensinamentos e, principalmente, por todo o apoio recebido. Obrigada por tudo, amo muito vocês!

A minha orientadora acadêmica, Professora Renata Pereira da Cruz, por ter confiado no meu potencial e me auxiliado da melhor forma para a realização do estágio e deste trabalho. Agradeço por toda a disposição, empenho e dedicação comigo e, principalmente pelo amor que demonstra a sua profissão. Você me inspira!

A empresa Biotrigo Genética Ltda., aos proprietários André e Ottoni Rosa, e ao meu supervisor de campo, Gustavo Mazurkievicz, pela oportunidade do estágio. A todos os funcionários que cooperaram de alguma forma na elaboração deste trabalho, pela disponibilidade, profissionalismo e amizade. Posso dizer que me sinto muito honrada por ter feito parte desta equipe!

A todos os professores, colegas e amigos que de uma forma ou outra colaboraram para que eu pudesse chegar ao final de mais uma etapa do curso com todos os objetivos alcançados, o meu sincero agradecimento. Vocês tiveram contribuição fundamental na minha formação como Engenheira Agrônoma.

RESUMO

O estágio curricular obrigatório do Curso de Agronomia, base para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso, foi realizado na matriz da empresa Biotrigo Genética Ltda., localizada no município de Passo Fundo/RS, no período de 07 de janeiro a 28 de fevereiro de 2019. As atividades desenvolvidas durante este período abrangeram etapas do melhoramento genético de trigo que são realizadas na estação contrária ao desenvolvimento da cultura. Realizou-se a semeadura de genitores e sua condução no bloco de cruzamentos, a semeadura da F₁ simples e F₁ top, além da semeadura de populações segregantes em avanço de gerações. A realização de atividades correspondentes a cruzamentos artificiais, seleção de grãos e preparo de plantio também ocorreu durante o período compreendido pelo estágio. Todas as atividades desenvolvidas e acompanhadas, mesmo que na contra-estação, proporcionaram uma boa compreensão sobre as etapas de um programa de melhoramento genético, em especial da cultura do trigo, realizado pela empresa.

Palavras-chave: Trigo. Melhoramento Genético.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plantio dos genitores (a), via semente (b) e mudas vernalizadas (c), em estufa climatizada, para condução do bloco de cruzamentos	18
Figura 2 – Desenvolvimento das plantas duas semanas após o plantio de populações segregantes em baldes (a) e canteiros (b), em estufa e em telado, respectivamente, para o avanço de gerações	20
Figura 3 - Plantas de trigo, em pleno desenvolvimento, em estufa climatizada, para posterior produção de sementes	21
Figura 4 - Visualização das anteras após o corte das espiguetas (a) e extrusão das anteras após exposição à luz e ao calor (b)	24
Figura 5 - Mesa de seleção de grãos (a) caderno de anotações (b) e grãos selecionados (c)	25
Figura 6 - Preparo de plantio	26

SUMÁRIO

1	Introdução	7
2	Caracterização do Município de Passo Fundo	8
2.1	Aspectos socioeconômicos	8
2.2	Aspectos edafoclimáticos	9
3	Caracterização da empresa Biotrigo Genética Ltda	10
4	Referencial teórico: O trigo	12
4.1	Aspectos gerais da cultura do trigo	12
4.2	Melhoramento genético do trigo	14
5	Atividades realizadas	17
5.1	Semeadura dos materiais	17
5.1.1	<i>Semeadura do bloco de cruzamentos e F_1 simples</i>	<i>17</i>
5.1.2	<i>Semeadura para avanço de gerações</i>	<i>18</i>
5.1.3	<i>Semeadura do F_1 top</i>	<i>20</i>
5.1.4	<i>Semeadura do material de multiplicação</i>	<i>20</i>
5.2	Preparo do sistema de irrigação	21
5.3	Controle de plantas daninhas.....	22
5.4	Cruzamentos artificiais: emasculação e polinização	22
5.5	Seleção de grãos	24
5.6	Outras atividades	26
5.6.1	<i>Preparo e organização do material para plantio</i>	<i>26</i>
6	Discussão	27
7	Considerações finais	30
	Referências	31

1 Introdução

A cultura do trigo tem grande destaque em relação à economia global, sendo um dos três cereais mais cultivados no mundo, juntamente com o milho e o arroz (TAKEITI, 2015 *apud* CONAB, 2017a). O cereal é empregado na alimentação humana (farinha, macarrão, biscoitos, bolos, pães, etc.), na elaboração de produtos não alimentícios, bem como na alimentação animal, na forma de forragem, de grão ou na composição de ração (DE MORI; IGNACZAK, 2011).

Dada a relevância da cultura em diversos aspectos é de suma importância o avanço no setor da pesquisa, visando o desenvolvimento de cultivares que proporcionem maiores produtividades, com qualidade e sanidade. Soluções via melhoramento genético têm sido muito discutidas e avaliadas por instituições de pesquisa e empresas públicas/privadas, visando resolver problemas de fitossanidade e resposta às adversidades do clima, na busca de melhorar a qualidade e produtividade das lavouras de trigo, entregando para o produtor trigos mais seguros e completos, com a genética necessária para o sucesso na lavoura.

Levando em consideração os aspectos citados e a relevância da cultura do trigo e do melhoramento genético, a escolha pelo local do estágio vai ao encontro das perspectivas desse cenário, bem como o aprimoramento de atividades teórico-práticas adquiridas ao longo do processo de formação acadêmica. Localizada na estrada do Trigo, em Passo Fundo, a empresa Biotrigo Genética Ltda. conta com um excelente programa de melhoramento genético de trigo, consolidado e reconhecido mundialmente, com a mais alta tecnologia aplicada.

Com carga horária semanal de 44 horas, num período que correspondeu de 07 de janeiro a 28 de fevereiro de 2019, o estágio foi realizado no laboratório de pesquisa da empresa Biotrigo Genética. As atividades realizadas e acompanhadas durante o período, sob supervisão do Eng. Agr., Msc. Gustavo Mazurkiewicz, corresponderam à semeadura de genitores e sua condução no bloco de cruzamentos, à semeadura da F₁ simples e F₁ top, e de populações segregantes para avanço de geração, cruzamentos artificiais, seleção de grãos e preparo de plantio. Também foram realizadas atividades voltadas ao manejo das plantas de trigo, como preparo do sistema de irrigação e controle de plantas daninhas.

2 Caracterização do Município de Passo Fundo

2.1 Aspectos socioeconômicos

O município de Passo Fundo localiza-se no norte do Estado do Rio Grande do Sul, na mesorregião do Noroeste Rio-Grandense (IBGE, 1990). É considerada a maior cidade do Norte do Rio Grande do Sul, importante pólo rodoviário, por onde cruzam as principais estradas de ligação Norte-Sul (BR-153) e Leste-Oeste (BR-285), ligando-se a Porto Alegre pelas BR-386 e RS-324 (FERREIRA, 2009), possuindo uma distância de aproximadamente 280 km desta (SEBRAE, 2019). A população estimada em 2019 foi de 203.275 habitantes (IBGE, 2019) em uma área correspondente a 783,6 km² (PASSO FUNDO, 2017a), sendo 18,1% ocupada por área urbana e 81,9% pela área rural. Entretanto, somente 2,55% da população encontra-se na área rural, enquanto 97,45% residem na área urbana (BACALTCHUK *et al.*, 2015).

A cidade teve sua formação a partir de 1827, como resultado da ocupação do Planalto Médio e Alto Uruguai, quando o cabo Manuel José das Neves fundou a Fazenda Nossa Senhora da Conceição Aparecida. Devido à conexão que Passo Fundo tinha com São Paulo, através das trilhas de tropeiros utilizadas para comércio de animais, o município, com o passar dos anos, tornou-se atrativo aumentando sua população. O município de Passo Fundo foi emancipado em 28 de janeiro de 1857 (PASSO FUNDO, 2017b).

Ocupando a 168^o posição no ranking do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), com valor de 0,776, considerado alto, Passo Fundo apresenta melhorias nas condições econômicas, na expectativa de vida e nas oportunidades educativas, sendo um mercado consumidor com poder de compra crescente. No orçamento municipal, a educação recebe os maiores investimentos, lado a lado com a saúde e as obras públicas (PASSO FUNDO, 2017c).

A produção e a renda gerada no município estão centradas nos setores do comércio, sobretudo o de serviços, responsável pela maior parte dos empregos gerados localmente e pela agropecuária, quando, em 2017, a área plantada com soja, trigo e milho correspondeu a 45.788 hectares e um rebanho bovino de 12 mil cabeças de gado (SEBRAE, 2019). Em 2016, o Produto Interno Bruto (PIB) foi de aproximadamente R\$ 8,4 bilhões (SEBRAE, 2019) e corresponde ao 8^o maior do Rio Grande do Sul (IBGE, 2019).

2.2 Aspectos edafoclimáticos

Passo Fundo apresenta uma altitude de 687 m acima do nível do mar, relevo variando de ondulado a suave ondulado, formado por elevações com longos pendentes que criam depressões fechadas, denominadas de coxilhas (PASSO FUNDO, 2017a). Há a predominância de campos abertos com matas nativas, onde a tipologia florestal mais representativa é a Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como mata de araucária, com diferentes agrupamentos de vegetação que se misturam à savana (PASSO FUNDO, 2009).

Pela classificação de Köppen e de acordo com a localização geográfica do município, com latitude de 28° 15' 46" e longitude de 52° 24' 24", este encontra-se na Zona Climática fundamental temperada (C), apresentando clima do tipo fundamental úmido (f) e variedade específica subtropical (Cfa) (KÖPPEN, 1948). Desse modo, o clima local é descrito como subtropical úmido (Cfa), com precipitação anual total de 1787,8 mm, bem distribuída durante o ano, sem a ocorrência de períodos secos. A temperatura média anual é de 17,5°C, com máximas em torno de 28°C no verão e temperatura média no inverno inferior a 12°C. Nos meses mais frios é comum a formação de geada (EMBRAPA, 2018).

Os solos característicos da unidade de mapeamento de Passo Fundo são denominados de Latossolo Vermelho Distrófico húmico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2018). São solos profundos, bem drenados, porosos, de coloração avermelhada e muito friáveis. Normalmente há o desenvolvimento de um horizonte B latossólico, podendo ocorrer uma ligeira podzolização. A textura é argilosa (mais de 40% de argila em todo o perfil), porém a fração areia é maior que 30% no horizonte superficial. São naturalmente ácidos e apresentam baixa fertilidade, porém, quando corrigidos esses atributos, por meio de calagens e adubações potássicas e fosfatadas, resultam em solos com boa aptidão agrícola para lavouras anuais (MSRS, 2017).

3 Caracterização da empresa Biotrigo Genética Ltda

A empresa Biotrigo Genética foi fundada pelos irmãos empresários e melhoristas Ottoni Rosa Filho e André Cunha Rosa, que desde a infância acompanharam o pai Ottoni Rosa em suas atividades. Ottoni Rosa dedicava-se ao melhoramento de trigo em sua empresa, OR Sementes, despertando o interesse dos filhos. Após formados em Engenharia Agrônômica, os irmãos tornaram-se sócios da OR Sementes, entretanto, anos depois, os objetivos dos filhos conflitavam com os do pai, o que acabou acarretando em uma cisão (RP Cruz, comunicação pessoal).

No ano de 2008, mais precisamente em 01 de abril de 2008, os irmãos fundaram a empresa Biotrigo Genética Ltda. que, dez anos após sua criação, tornou-se uma das principais empresas de melhoramento genético de trigo da América Latina. A criação da empresa surge a partir de um propósito, a valorização da triticultura nacional, onde o principal objetivo traçado por Ottoni e por André era entregar para o produtor trigos mais seguros (com resistência as principais doenças que acometem a cultura) e completos (altas produtividades e boa qualidade industrial), com a genética necessária para o sucesso na lavoura. Em 2010 a empresa lança as primeiras cultivares no Brasil, a TBIO Pioneiro e a TBIO Tibagi (BIOTRIGO GENÉTICA, 2018). Embora recém fundada, o rápido lançamento dessas cultivares foi possível devido à divisão do banco de germoplasma e de linhagens puras após a cisão da OR Sementes.

Localizada em Passo Fundo, região Norte do Rio Grande do Sul, e com filial em Campo Mourão, no Paraná, hoje a empresa atende a diversos estados do território brasileiro, além de exportar suas cultivares de trigo para países do Mercosul e da América do Norte. Em parceria com a empresa Don Mario, em Chacabuco, na Argentina, a Biotrigo utiliza o espaço cedido por esta para a realização de ensaios, o que permite o lançamento de cultivares no país vizinho. Além dessa parceria, a Biotrigo conta também com o apoio de outras parceiras, como a empresa Limagrain, a Bayer e a Montagner, o que permite o aumento da área para realização de testes e experimentos (BIOTRIGO GENÉTICA, 2018).

Atualmente, a estrutura física da empresa conta com 7 mil m² de prédios, divididos entre laboratórios de pesquisa nas áreas de sementes, fitopatologia, qualidade industrial, panificação, biotecnologia vegetal, experimentação e sede administrativa, 11 mil m² de área coberta por telados e casas de vegetação e 82 mil parcelas experimentais em uma área total

de 61 hectares. A empresa conta também com o auxílio de mais de 60 colaboradores, sendo cinco destes melhoristas (BIOTRIGO GENÉTICA, 2018).

Todos os anos pelo menos uma nova variedade de trigo é lançada no mercado, cujas finalidades estão voltadas à produção de trigo para extração de farinha ou alimentação animal (forragens e/ou alimentos conservados). Em 2019, a empresa já contava com um portfólio de 28 cultivares desenvolvidas por ela, alcançando 85% da quota de mercado de cultivares de trigo. Como novidade, a empresa lançou, ainda em 2019, uma cultivar que apresenta o sistema Clearfield® da Basf, denominada de TBIO Capricho CL, sendo o primeiro trigo resistente a herbicidas à base de imidazolinonas.

As cultivares lançadas pela Biotrigo são linhagens puras e o grande desafio encontrado para o desenvolvimento de novas cultivares é aliar características como segurança, a partir da obtenção de cultivares que apresentem resistência genética às principais doenças que acometem a cultura; produtividade, visando maior rendimento de grãos e qualidade, relacionada a atributos como força do glúten, estabilidade, extensibilidade e cor da farinha (G Mazurkiewicz, comunicação pessoal).

Com base nesses objetivos, a empresa conduz três programas de melhoramento, sendo dois desenvolvidos no Brasil, em Passo Fundo/RS e em Campo Mourão/PR, e um desenvolvido na Argentina, em Chacabuco, província de Buenos Aires, além de realizar ensaios na região do Cerrado brasileiro e na Bolívia. O programa do Rio Grande do Sul apresenta, além destes objetivos, algumas ramificações, como o desenvolvimento de cultivares que apresentem o sistema Clearfield®, ciclo mais longo, plantas com espigas sem arista (alimentação animal) e cultivares específicas para produção de biscoitos (G Mazurkiewicz, comunicação pessoal).

Para obtenção dessas cultivares, a empresa conta com um banco de germoplasma com acessos originários tanto do Brasil quanto de regiões da Europa (França), América do Norte (Estados Unidos e Canadá) e da América do Sul (Argentina) (G Mazurkiewicz, comunicação pessoal). O programa de melhoramento é conduzido pelo método genealógico, porém, algumas alterações foram realizadas em relação a este método, uma vez que a empresa conduz duas etapas por ano cuja finalidade é reduzir o tempo de obtenção de uma nova linhagem e, por consequência, aumentar o ganho genético e sua competitividade no setor tritícola. Além do método genealógico, em determinadas circunstâncias é utilizado o método de retrocruzamento.

4 Referencial teórico: O trigo

4.1 Aspectos gerais da cultura do trigo

O trigo é uma das culturas mais antigas do mundo, representando um marco para o desenvolvimento da agricultura. Na região conhecida como crescente fértil, entre os rios Tigre e Eufrates, foram relatados os primeiros indícios do cultivo deste cereal, há cerca de 10.000 anos (FEDERIZZI *et al.*, 1999). Pertencente à família *Poaceae* e gênero *Triticum* é composto por diferentes espécies que formam uma série poliploide constituída por três níveis de ploidia: diploides, tetraploides e hexaploides com números cromossômicos de 14, 28 e 42, respectivamente (PETERSEN *et al.*, 2006). Destas espécies, atualmente o *Triticum aestivum* [(L. THELL)] é o mais cultivado, correspondendo a 90% da produção mundial. Com nível de ploidia hexaploide ($2n=6x=42$), essa espécie surgiu a partir de um cruzamento natural entre a espécie diploide *Triticum urartu* ($2n=2x=14$), portadora do genoma A, com outra espécie diploide, *Aegilops speltoides* ($2n=2x=14$), supostamente portadora do genoma B, dando origem à espécie tetraploide *Triticum turgidum* ($2n=4x=28$). O cruzamento desta com a espécie diploide *Triticum tauschii* ($2n=2x=14$), portadora do genoma D, deu origem ao *Triticum aestivum* (PETERSEN *et al.*, 2006).

A cultura do trigo chegou ao Brasil em 1534, trazida de Portugal por Martin Afonso de Souza (CONAB, 2017b). Porém, somente a partir do século XVIII, o cultivo do trigo adquire importância econômica, principalmente na região sul do país. Com o aparecimento da ferrugem nas plantações, ocorrida a partir de 1811, a produção de trigo no Brasil reduziu acentuadamente. Para retomar a produção do trigo, a primeira medida tomada, em 1919, foi a criação de duas estações experimentais para pesquisa da cultura, pelo Ministério da Agricultura. A partir de estudos realizados nas estações, foi possível lançar, ao longo das próximas décadas, variedades de trigo que combinassem características como ciclo mais precoce, resistência ao alumínio tóxico do solo, resistência a moléstias como a ferrugem da folha e do colmo e porte mais baixo (FEDERIZZI *et al.*, 1999).

O trigo é um importante cereal devido ao seu valor nutritivo e econômico, sendo sinônimo de potência agrícola. Ele fornece cerca de 20% do total de calorias consumidas pela humanidade, na qual a farinha é utilizada para fabricação de produtos, como pães, biscoitos, bolos e massas. Além da alimentação humana, o cereal também é utilizado na

alimentação animal, na forma de forragem, de grão ou na composição de ração (DE MORI; IGNACZAK, 2011).

De acordo com relatório divulgado em dezembro de 2019 pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a estimativa de área colhida de trigo no mundo, para a safra 2019/2020, é de 217,2 milhões de ha com uma produção total de 765,4 milhões de toneladas. Destas 5,2 milhões de toneladas advêm do Brasil, cuja área plantada corresponde a 2,040 milhões de hectares, sendo Paraná e Rio Grande do Sul os principais estados produtores (CONAB, 2019).

Apesar do elevado número de cultivares com alto potencial de rendimento indicadas para as regiões produtoras do Brasil, o país apresenta uma área cultivada e uma produtividade muito inferior aos dos principais países produtores, como a China e os Estados Unidos, não sendo autossuficiente para este cereal (CONAB, 2019). A baixa produtividade média do país (2,6 ton/ha) deve-se ao tipo de clima presente no Brasil, que favorece o desenvolvimento de pragas e doenças ou que, por sua vez, diminuem a produtividade, quando comparado ao demais países produtores, além de questões econômicas, como o baixo investimento do produtor na lavoura (CUNHA; PIRES, 2005).

O baixo rendimento de grãos na lavoura muitas vezes acaba sendo acompanhado pela baixa qualidade tecnológica do grão, reduzindo o seu valor para a indústria. Certos parâmetros obtidos a partir de análises físicas (peso do hectolitro), físico-químicas (teor de proteína e número de queda) e testes reológicos (alveografia - força de glúten e farinografia - estabilidade da massa) (GUARIENTI; MIRANDA, 2016) determinam a classificação do trigo e sua precificação, podendo este ser da classe melhorador, pão, doméstico, básico e outros usos (BRASIL, 2010).

Das três regiões tritícolas do país, é na região Sul-Brasileira (RS, SC e centro-sul do PR) que se concentra a maior parte da produção do trigo (CUNHA *et al.*, 2011). Dentre os principais problemas enfrentados pela região Sul, as adversidades climáticas como a elevada umidade do ar, seca e geada no espigamento assim como chuvas na colheita têm afetado consideravelmente a qualidade industrial do trigo e o rendimento de grãos (MOTA, 1989).

Além das condições adversas do clima, doenças causadas por fungos têm reduzido o desenvolvimento, a qualidade tecnológica e rendimento da cultura, sendo as mais preocupantes as de parte aérea (manchas foliares, oídios e ferrugens) e as doenças da espiga (giberela e brusone) (LAU *et al.*, 2011). Insetos-pragas como afídeos, percevejos barriga-

verde, lagartas desfolhadoras, larvas de solo e pragas de armazenamento também trazem prejuízos à cultura (EMBRAPA TRIGO, 2018), assim como o desenvolvimento de espécies de plantas invasoras, sendo as principais o azevém (*Lolium multiflorum*), aveia branca (*Avena sativa*) e aveia preta (*Avena strigosa*), representantes das espécies de folha estreita, e a buva (*Conyza bonariensis* e *C. canadensis*), referente a plantas de folha larga (EMBRAPA TRIGO, 2018).

4.2 Melhoramento genético do trigo

Atualmente, para que se tenha sucesso em qualquer variedade de trigo que será lançada, é necessário que essa tenha qualidade industrial superior, sendo este um dos principais objetivos dos programas de melhoramento genético de trigo. Devido a isso, além dos objetivos comuns a todos os programas de melhoramento, como alto rendimento de grãos e resistência as principais doenças, em especial, a giberela e a brusone, os melhoristas têm dado maior atenção a parâmetros como germinação na espiga. Este problema ocorre quando há chuvas no período de colheita acarretando na germinação dos grãos ainda na espiga, a campo, o que reduz drasticamente a qualidade final do produto. A tolerância à geada durante a fase reprodutiva e a tolerância a temperaturas altas durante a fase de enchimento de grãos tem sido também tratadas com importância, para a região Sul e do centro do Brasil, respectivamente. Além desses objetivos, alguns melhoristas iniciaram trabalhos com o objetivo de obter variedades de duplo propósito, sendo pastoreada pelos animais e, mais tarde, colhidas para utilização de grãos (FEDERIZZI *et al.*, 1999).

No melhoramento genético vegetal, o tipo de cultivar que será lançada depende do programa de melhoramento e do tipo de reprodução da espécie (BORÉM, 2009). O trigo é uma espécie autógama, que possui flores perfeitas (presença de androceu e gineceu na mesma flor) reproduzindo-se sexuadamente por autofecundação (FEDERIZZI *et al.*, 1999). Devido a isso, o tipo mais comum de cultivar encontrada no mercado são as linhagens puras, que se caracterizam por serem formadas a partir de indivíduos que descendem de uma única planta após várias gerações de autofecundação, possuindo a mesma constituição genética (homozigota) e fenótipo homogêneo (BORÉM, 2009).

Para a obtenção de novas cultivares de trigo é necessário que se tenha variabilidade genética e, para isso, uma das principais ferramentas dos programas de melhoramento é o acesso ao patrimônio genético da espécie armazenado nos bancos de germoplasma

(BORÉM, 2009), sendo os principais o do Vavilov Institute of Plant Industry, na Rússia, do CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo), no México, do Seed Storage National Center, nos Estados Unidos e, no Brasil, do Cenargen da Embrapa (FEDERIZZI *et al.*, 1999). Além destes, cada empresa pode contar com o seu próprio banco de germoplasma, onde preserva-se a variabilidade genética introduzidas destes centros internacionais juntamente com a variabilidade gerada no próprio programa.

A partir do germoplasma existente, a ferramenta mais utilizada para lançar cultivares é a hibridização, realizada pelo cruzamento artificial entre dois genitores com o objetivo de combinar, em um único genótipo, alelos de interesse encontrados em ambos genitores (BORÉM, 2009). A hibridização controlada inicia com a emasculação da flor que será utilizada como genitor feminino seguida pela polinização de seus estigmas com grãos de pólen provenientes das flores do genitor masculino.

Para a obtenção de linhagens puras, os métodos de melhoramento disponíveis são o genealógico, populacional, retrocruzamento, single seed descent (SSD), duplo-haplóide e seleção recorrente. Dentre estes, o mais popular entre os melhoristas de cereais é o método genealógico, sendo que a grande maioria das variedades de trigo lançadas no Brasil foram obtidas através deste método. O método genealógico permite que os melhoristas tenham o completo controle da genealogia das progênes ao longo das gerações de autofecundação (FEDERIZZI *et al.*, 1999). Apesar da maior demanda de trabalho, o método permite que o melhorista acompanhe melhor a evolução dos caracteres fenotípicos nas gerações segregantes e também a eliminação de progênes inferiores nas primeiras gerações (FEDERIZZI *et al.*, 1999).

O princípio do método é a seleção individual de plantas na população segregante com a avaliação de cada progênie separadamente. Uma das principais características do método é o registro da genealogia de cada linha, que permite estabelecer o grau de parentesco entre as linhas selecionadas (BORÉM, 2009). Após a hibridação dos genitores e a obtenção da geração F_1 , a geração F_2 deve ser conduzida a campo, em condições representativas de cultivo, porém, em um espaçamento maior, para possibilitar a avaliação individual das plantas. É na geração F_2 que ocorrerá a maior segregação fenotípica. As plantas fenotipicamente superiores são selecionadas e colhidas separadamente (BORÉM, 2009). Cada planta F_2 selecionada é conduzida em uma fileira na geração F_3 , formando uma família. As linhas $F_{2:3}$ são avaliadas durante o ciclo da espécie e as plantas consideradas superiores são submetidas à seleção individual. Cada planta F_3 selecionada na linha é

conduzida em uma fileira na geração F_4 , formando uma família $F_{3:4}$, sendo o procedimento para seleção semelhante ao da geração anterior (BORÉM, 2009). Cada geração deve ser conduzida em região e época de plantio representativas do ambiente onde será plantada a nova cultivar (BORÉM, 2009).

A seleção das melhores linhas e, dentro destas, das melhores plantas, é repetida nas próximas gerações até que o nível de homozigose desejado seja obtido. Com o avanço das gerações, a variabilidade genética dentro das linhas reduz-se significativamente, tornando a seleção dentro destas mais ineficiente. Neste momento a seleção entre fileiras é mais eficiente do que dentro, onde a variabilidade genética é menor. O número de gerações de autofecundação a ser conduzido vai depender do nível da uniformidade genética desejada e da diversidade dos genitores utilizados. Ao se obter as linhagens puras se realiza ensaios preliminares de rendimento e ensaios de valor de cultivo e uso (VCU).

5 Atividades realizadas

5.1 Semeadura dos materiais

No período de 07 a 24 de janeiro de 2019 foram realizados o plantio de aproximadamente 12 mil plantas - sementes e mudas vernalizadas - distribuídas entre blocos de cruzamento, F₁ simples, F₁ top, avanço de gerações em populações segregantes e multiplicação, divididos em duas estufas e em dois telados.

5.1.1 Semeadura do bloco de cruzamentos e F₁ simples

A semeadura do bloco de cruzamentos, realizada na estufa climatizada, foi feita com 893 genótipos, divididos em três épocas diferentes, sendo estas com intervalo de tempo de sete dias entre cada semeadura, totalizando 2.679 baldes. A realização da semeadura em épocas diferentes serve para garantir a coincidência da floração entre genótipos com ciclos distintos (precoce x tardio, por exemplo). Os referidos genótipos correspondem aos genitores que irão gerar a subsequente F₁ simples da próxima safra. No momento do cruzamento artificial, os melhoristas responsáveis pelo programa definem quem será a planta pai, ou seja, o doador de pólen e quem será a planta mãe, a qual passará pelo processo de emasculação e recebimento de pólen do pai doador.

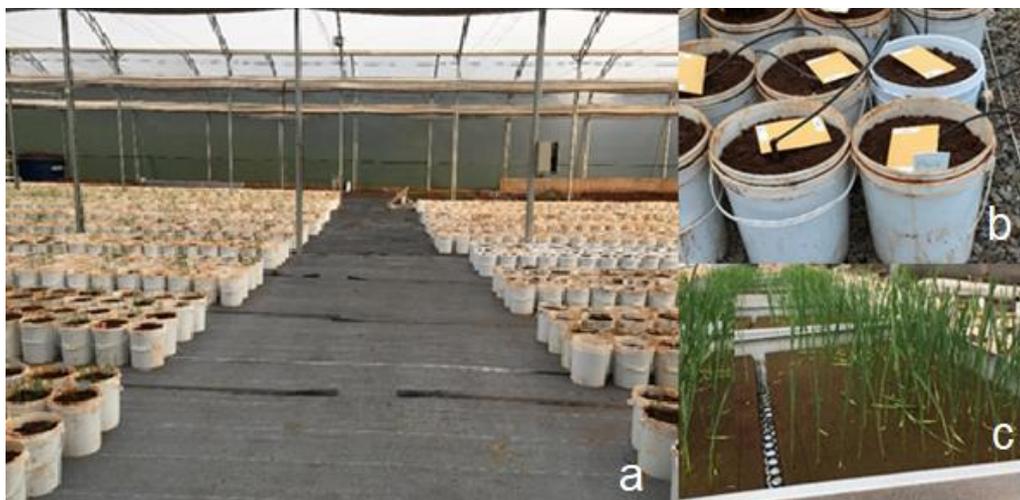
Os genótipos utilizados como genitores nos cruzamentos são linhagens fixas e cultivares já lançadas, tanto pela Biotrigo como por outras empresas parceiras, as quais vieram de campos de experimentação dos estados do Rio Grande do Sul e Paraná e da Argentina. São realizados cerca de 4 mil cruzamentos por ano, entre verão e inverno, sendo então 2 mil cruzamentos por safra.

O processo de semeadura foi realizado em baldes de 5 L contendo proporções de esterco de cama de aviário, areia, solo (Latosolo) e adubo mineral (NPK) (Figura 1a). Foram semeadas dez sementes por balde, distribuídas em forma de círculo e enterradas com auxílio de uma caneta a 2 cm de profundidade (Figura 1b). Nos genótipos que vieram da região da Argentina, devido a maior exigência de horas de frio para completar seu ciclo, no lugar das sementes foram transplantadas mudas (Figura 1c), que passaram pelo processo de vernalização, o que possibilita que o trigo complete seu ciclo mesmo no verão, apesar de sua maior exigência por frio. As mudas são obtidas através do cultivo das sementes em

espuma fenólica e solução nutritiva, colocadas em câmaras de crescimento em temperatura de 1°C com fotoperíodo de oito horas por seis semanas.

Na mesma estufa também foram semeados os genótipos correspondentes a F_1 simples, ou seja, aqueles advindos de cruzamentos realizados na safra anterior (inverno). No total, no período de janeiro de 2019, foram semeados 999 F_1 's, divididos em duas épocas de semeadura, exceto por F_1 's em que as espigas geraram poucas sementes (inferior a seis) onde então a semeadura foi realizada apenas na primeira época. O intervalo de tempo entre cada semeadura é de sete dias. Após o desenvolvimento das plantas, no estágio de maturação, as plantas da F_1 simples são colhidas e toda a massa de grãos é trilhada com subsequente seleção dos grãos e envio a campo para o plantio da geração F_2 . Devido à importância da geração F_2 , onde se tem a máxima segregação, quanto maior a quantidade de sementes produzidas em F_1 , maior será a parcela no campo experimental e, conseqüentemente, maiores as chances de encontrar plantas com características desejadas.

Figura 1 - Plantio dos genitores (a), via semente (b) e mudas vernalizadas (c), em estufa climatizada, para condução do bloco de cruzamentos.



Fonte: A autora, 2019.

5.1.2 Semeadura para avanço de gerações

Os genótipos que se encontram em processo de avanço de geração foram semeados em estufa (uma) e telados (dois), em época única. Eles totalizam 9.600 plantas originadas a partir de 25 mil que foram selecionadas a campo e que passaram, após a trilha individual de

espiga, por seleção de grãos. Na estufa, os genótipos para avanço foram conduzidos em baldes (Figura 2a) de 5 L, os quais continham proporções de solo (Latosolo), cama de aviário, areia e adubo mineral (NPK). No total 5.145 plantas foram avançadas desta forma, utilizando dez sementes por balde, número suficiente para gerar cerca de 15 a 20 gramas de sementes a partir de cada planta. O objetivo dessa semeadura é ganhar tempo ao avançar uma geração a mais por ano do que se fossem semeados apenas a campo, no inverno. Esse avanço ocorre apenas no verão e é realizado nas gerações $F_3:F_4$ e $F_5:F_6$. Para que a germinação ocorra de maneira homogênea, é necessário que essas sementes passem pelo processo de quebra de dormência, a qual é realizada a partir do método térmico utilizando temperatura de 35°C por 72 horas. Após a semeadura, as plantas ficam na estufa durante três a quatro meses, dependendo do período de duração de seu ciclo e, posteriormente, os grãos são colhidos, trilhados e separados em porções de 15 a 20 g e guardados para o envio, no inverno, aos campos experimentais em Coxilha/RS e Arapongas/PR, onde cada espiga trilhada, individualmente, corresponderá a uma linha na respectiva geração.

Em relação aos telados (dois), nestes foi realizada a semeadura de 4.455 plantas, entretanto, o plantio ocorreu em covas (Figura 2b) e não em baldes, devido à grande quantidade de material selecionado no campo na safra anterior, e à ausência de espaço para que todas as plantas em processo de avanço fossem conduzidas em baldes. Nesse caso, foram semeadas também dez sementes por cova, as quais estavam dispostas em canteiros de 60 metros de comprimento por 1 metro de largura, sendo três covas por linha com espaçamento entre covas de 0,3 metros.

Os genótipos em processo de avanço são provenientes de três programas, os quais são separados por local (Rio Grande do Sul, Paraná e Argentina). Dentro dos locais há ainda outra subdivisão, conforme a especificidade de objetivos. Sendo assim há: o programa sem arista, cujo objetivo é a utilização do trigo na alimentação animal; o programa largo, que visa um ciclo mais longo para as cultivares de trigo para que o campo fique coberto por um maior período de tempo; o programa Soft, que contempla a obtenção de trigos com tonalidades mais claras (branco, mais suave), cujo destino final é a indústria de biscoitos; e, por fim, o programa Clearfield®, um programa ainda em fase inicial e que visa introduzir a resistência a herbicidas do grupo químico das Imidazolinonas.

Figura 2 – Desenvolvimento das plantas duas semanas após o plantio de populações segregantes em baldes (a) e canteiros (b), em estufa e em telado, respectivamente, para o avanço de gerações.



Fonte: A autora, 2019.

5.1.3 Semeadura do F_1 top

Denominada como F_1 top, essa geração corresponde ao cruzamento de uma F_1 simples (proveniente de um cruzamento simples) com um dos parentais do mesmo cruzamento, através do método de retrocruzamento.

Na F_1 top não ocorre nenhum tipo de seleção, entretanto, os melhoristas realizam algumas análises com o intuito de verificar como esta geração está se comportando, uma vez que, diferentemente da F_1 simples, a F_1 top já apresenta segregantes. Realiza-se a semeadura de uma quantidade de até 30 sementes, no canteiro de um dos telados, em sulcos, que são abertos com auxílio de um equipamento de madeira que quando pressionado ao solo abre nove sulcos por vez, procurando sempre manter as sementes afastadas uma das outras para o melhor desenvolvimento das plantas. Novamente, nesse caso, quanto maior a quantidade de sementes produzidas, melhor, visto que esse material irá como F_2 para os campos experimentais, no inverno.

5.1.4 Semeadura do material de multiplicação

Na estufa climatizada há uma área reservada para multiplicação, cujo objetivo é aumentar a quantidade de sementes de genótipos de interesse. Essa semeadura ocorre em

baldes, no caso de materiais com poucas sementes e, em sulcos (Figura 3), quando a quantidade de material (sementes) é maior. Geralmente multiplica-se sementes de genótipos que vieram de fora do país e apresentam limitações quanto a quantidade de sementes e também para aumentar a quantidade de pólen no caso de genitores de maior interesse para o programa.

Figura 3 - Plantas de trigo, em pleno desenvolvimento, em estufa climatizada, para posterior produção de sementes.



Fonte: A autora, 2019.

5.2 Preparo do sistema de irrigação

As estufas contam com dois tipos de sistema de irrigação, um por aspersão e outro por microgotejamento. Tanto na estufa comum quanto na estufa climatizada, ambas com plantas em baldes, a irrigação dá-se por microgotejamento, já nos telados, onde as plantas são conduzidas em canteiros, o sistema de irrigação aplicado é por aspersão. Realizou-se a montagem destes sistemas (canos, manguinhas, etc) para que se desse início à irrigação. A água utilizada na irrigação é proveniente, em grande parte, de cisternas instaladas na empresa, que reaproveitam a água da chuva, porém também há um poço que abastece o sistema para complementar o suprimento da demanda de água exigida pelas plantas. Nas estufas conduzidas com microgotejamento o sistema é acionado todos os dias, durante 15 minutos, duas vezes ao dia (próximo ao meio dia e ao final da tarde). Nos telados, onde o sistema é por aspersão, o mesmo, dependendo das condições climáticas, é acionado de duas a três vezes por semana, próximo ao meio dia e ao final da tarde, por 15 minutos.

5.3 Controle de plantas daninhas

Devido à presença de plantas invasoras nos baldes e nos canteiros e seu desenvolvimento concomitante às plantas de trigo, é necessário que se realize o devido controle para que não ocorra competição por água, espaço, luz e nutrientes com a cultura principal. O controle nos baldes foi realizado pelo método de arranquio manual. Já nos canteiros, o método adotado entre sulcos e covas foi o de capinas com eventuais arranquios.

O controle foi realizado duas semanas após o início do plantio, correspondendo a duas intervenções até que as plantas de trigo conseguissem impedir o desenvolvimento das plantas indesejáveis por sombreamento. Dentre as espécies invasoras mais observadas encontravam-se o papuã (*Urochloa plantaginea* (Link) R. D. Webster) e a corda-de-viola (*Ipomoea* spp.).

5.4 Cruzamentos artificiais: emasculação e polinização

Cerca de dois meses após o plantio dos genitores e sua condução no bloco de cruzamentos, os melhoristas definem, com base nas características desejadas e no objetivo do programa de melhoramento, qual planta será o genitor masculino, ou seja, a planta doadora de pólen e qual será o genitor feminino, responsável pela formação do grão para semeadura da próxima geração. A hibridação artificial é uma etapa fundamental em programas de melhoramento de plantas autógamas, uma vez que essa ferramenta permite gerar variabilidade genética e combinar, em um único genótipo, alelos de interesse encontrados em dois ou mais genitores.

Os cruzamentos artificiais tiveram início na terceira semana de fevereiro no ano de 2019 sendo realizados cerca de 80 cruzamentos por dia. O processo era dividido em duas etapas, onde primeiramente ocorria a emasculação de plantas escolhidas como parental feminino e após três a quatro dias era realizada a polinização manual das mesmas com o pólen de plantas escolhidas como parental masculino. Diariamente o melhorista responsável pelo programa observava as plantas no bloco de cruzamentos e com base na fenologia eram definidas as plantas que passariam pelo processo.

A emasculação é a primeira etapa do cruzamento artificial e consiste na retirada das anteras das flores laterais das espiguetas, sem retirar o ovário e nem danificar os estigmas. Como não é desejável que ocorra autofecundação, é preciso atentar quanto ao estágio de

desenvolvimento, sendo aconselhável que a espiga esteja entre os períodos de pós emborrachamento e antese completa, antes do amadurecimento do pólen.

Para realizar a emasculação, os baldes com as plantas selecionadas como parentais femininos eram levados da estufa climatizada para uma sala, dentro do laboratório, com boa iluminação. Com o auxílio de uma tesoura e pinça de joalheiro, retira-se a folha bandeira que envolve a espiga e, após, retiram-se as espiguetas basais e apicais, devido ao amadurecimento desuniforme da espiga, que possui sua maturação do centro para as extremidades. Por isso, nas espiguetas das extremidades da espiga as anteras apresentavam tamanho reduzido, o que dificulta o processo de retirada caso essas espiguetas fossem mantidas. A flor central de cada espiguetas mantida na espiga também era retirada, com o auxílio da pinça, uma vez que, devido ao seu pequeno tamanho, demandaria muito tempo para realizar todo o processo.

Depois de retiradas as espiguetas das extremidades da espiga e a flor central das espiguetas remanescentes, com o auxílio da tesoura, corta-se, horizontalmente, em 2/3, as flores restantes e, com a pinça de joalheiro retira-se as três anteras presentes em cada flor (Figura 4a). O processo é repetido em cada flor. Depois da retirada de todas as anteras presentes na espiga, fazia-se a conferência para verificar se não havia ficado nenhum resquício de antera, uma vez que apenas um pequeno pedaço que estivesse presente inviabilizaria o processo, já que poderia autofecundar a flor. Após a conferência, a espiga emasculada era fechada com um envelope de papel, o qual continha informações sobre o dia e quem havia realizado o processo. A colocação do envelope tinha como finalidade a proteção física da espiga impedindo o cruzamento indesejado com outras plantas presentes na estufa. Em seguida, o balde era levado de volta à estufa climatizada e mantido ali até que as espiguetas apresentassem desenvolvimento ideal para serem polinizadas.

Após três a quatro dias do processo de emasculação, na maioria das plantas, o estigma das espiguetas já se encontrava receptivo ao pólen, devido ao seu completo desenvolvimento, caracterizando assim o momento ideal para realizar a polinização. O balde era então levado a uma sala destinada à polinização, no laboratório, para realização dessa etapa.

A planta escolhida como doadora de pólen deve apresentar anteras jovens e amarelas, levemente expostas nas espiguetas do centro da espiga, momento que caracteriza maior disponibilidade de pólen viável. Observados esses quesitos, leva-se o balde correspondente até a sala de polinização onde ocorrerá, com o auxílio de uma tesoura, o

corte do colmo onde está inserida a espiga, um corte horizontal no meio de cada espiguetas e, sua colocação sob uma bancada, em pé, embaixo de uma lâmpada incandescente, para que ocorra a extrusão das anteras para fora das espiguetas (Figura 4b) causadas pela exposição à luz e ao calor gerados pela lâmpada.

Assim que as anteras ficam expostas deve-se cortar, na parte superior, o envelope que envolve a espiga emasculada e, se não houver presença de pólen, faz-se a polinização. Caso contrário, a espiga deverá ser eliminada. Com uma das mãos deve-se segurar o envelope que envolve a espiga mãe e, com a outra mão, levar a espiga pai em contato com as espiguetas emasculadas, através de movimentos circulares. Fecha-se o envelope presente na espiga polinizada levando o balde de volta à estufa. A espiga doadora de pólen é descartada após a polinização.

Figura 4 - Visualização das anteras após o corte das espiguetas (a) e extrusão das anteras após exposição à luz e ao calor (b).



Fonte: A autora, 2019.

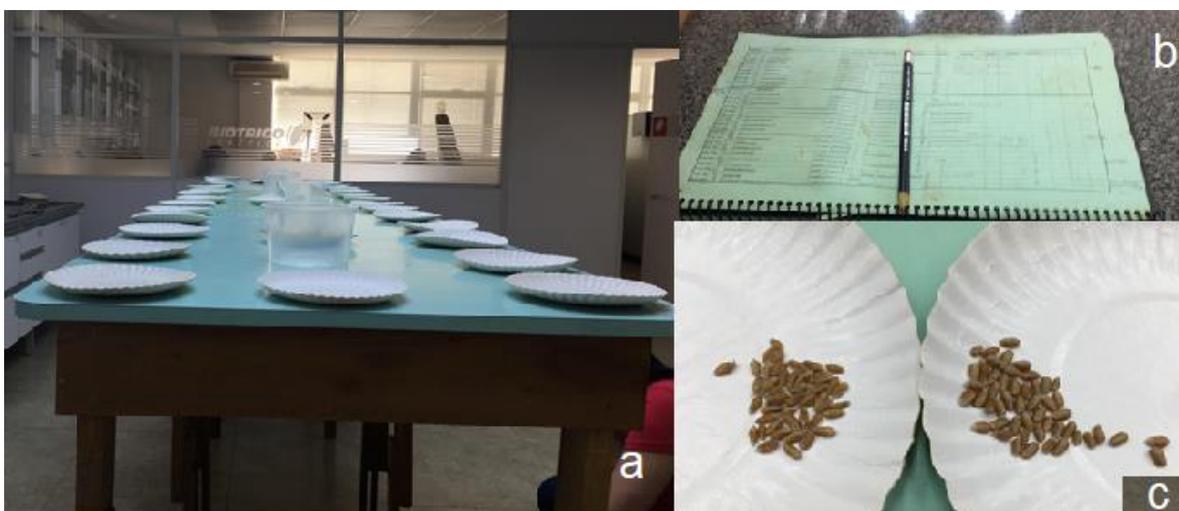
5.5 Seleção de grãos

Considerada uma etapa fundamental no programa de melhoramento de trigo da Biotrigo, a seleção de grãos é realizada para complementar a seleção fenotípica das plantas a campo, desde as primeiras gerações até às linhagens que estão para entrar em período de testes de valor de cultivo e uso (VCU). A seleção de sementes também ocorre para grãos

formados a partir do avanço de gerações, em contra-estação de cultivo, embora, nessas gerações (F₄ e F₆), não se realize seleção fenotípica nas plantas. É clara a redução da variação fenotípica dos grãos à medida que as populações encontram-se em gerações mais avançadas, como em F₅, F₆ e F₇.

A atividade é de simples execução. Sobre uma mesa grande são distribuídos pratos descartáveis (Figura 5a), sobre cada prato são colocados pacotes identificados que contêm os grãos da espiga que foi colhida e trilhada individualmente, sendo que um dos pratos recebe grãos referentes a linhagens puras (utilizadas como testemunhas à campo). Com o auxílio do caderno de campo (Figura 5b), que contém informações sobre o programa e as características das famílias selecionadas, o melhorista responsável pelo programa circula ao redor da mesa decidindo, de acordo com as características dos grãos, se esta família será descartada ou selecionada (Figura 5c), seguindo para a próxima geração. No caso de descarte, os grãos são torrados e, no caso de seleção, os grãos são guardados novamente nos pacotes e passam para a etapa denominada de preparo de plantio.

Figura 5 - Mesa de seleção de grãos (a), caderno de anotações (b) e grãos selecionados (c).



Fonte: A autora, 2019.

Os critérios da seleção são definidos com base nos objetivos de cada programa e a origem dos genótipos. Porém há critérios gerais já pré-estabelecidos para todos os programas, levando em consideração a quantidade produzida de sementes por espiga, o formato e o tamanho do grão, a presença de grãos chochos e germinados, assim como a coloração do tegumento. A finalidade de realizar o descarte de grãos que apresentem essas características é baseada na correlação que estas têm com atributos como peso do

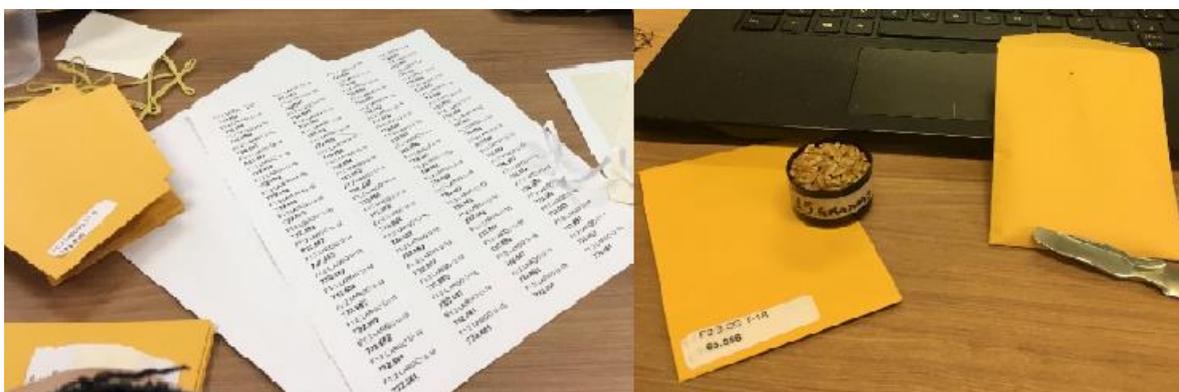
hectolitro, rendimento de extração de farinha e qualidade tecnológica, uma vez que grãos pequenos, chochos, doentes e mal formados reduzem o potencial do trigo nesses quesitos além da suscetibilidade à germinação na espiga, que pode aumentar ou diminuir de acordo com a cor do tegumento.

5.6 Outras atividades

5.6.1 Preparo e organização do material para plantio

O preparo e organização do material para plantio corresponde à colagem de etiquetas, que são identificadas com o programa desenvolvido, o número da parcela experimental e da planta que vieram do campo, em pequenos envelopes (Figura 6). Esses envelopes são destinados à sala de trilha, onde as plantas colhidas em cada parcela experimental na safra de inverno são trilhadas pelo método espiga por espiga, e as sementes de cada espiga trilhada são armazenadas individualmente em cada envelope com a sua devida identificação. Após a seleção de grãos, realizada pelos melhoristas, os envelopes são enviados ao campo, para uma nova geração, tornando-se cada um deles uma nova parcela experimental. A atividade referente ao preparo do material é uma rotina diária no laboratório de pesquisa, devido à grande quantidade de material que vem dos campos experimentais do estado do Rio Grande do Sul e do Paraná. A mesma só não é realizada em dias de plantio nas estufas.

Figura 6 – Preparo de plantio.



Fonte: A autora, 2019.

6 Discussão

A Biotrigo tem adotado o método genealógico para o desenvolvimento de novas cultivares em seu programa de melhoramento genético. Este método é o mais popular entre os melhoristas de cereais, sendo um método eficiente para aplicar no melhoramento genético do trigo. De forma geral, a maneira como os melhoristas conduzem as etapas do processo estão alinhadas com o que foi descrito por Borém (2009), porém algumas modificações são realizadas. As modificações adotadas dizem respeito ao avanço de gerações, em que as gerações F₁, F₁ top, F₄ e F₆, são multiplicadas em casa de vegetação e telados no verão, ou seja, fora da estação normal de cultivo. Em função disso, nestas gerações não ocorre a etapa de seleção, visto que as plantas estão se desenvolvendo em local e condições ambientais diferentes das que posteriormente serão indicadas para cultivo. Nessas gerações é realizada somente a seleção de grãos, uma vez que esse processo visa apenas eliminar grãos mal formados, chocos, pequenos, etc.

A adoção do avanço de gerações pela empresa tem como principal objetivo a redução do tempo de lançamento de novas cultivares, uma vez que ao adotar esta etapa vem sendo possível reduzir o tempo de lançamento de uma nova cultivar em até três anos, ganhando assim competitividade no mercado ao atender mais rapidamente às demandas do setor tritícola. Porém, ao adotar essa etapa adicional alguns custos tornam-se mais elevados quando comparados com programas desenvolvidos por outras empresas, uma vez que para realizar o avanço de gerações a Biotrigo teve que investir e mantém estruturas como casas de vegetação, telados, laboratórios e equipamentos, além de necessitar de um maior número de colaboradores capacitados para a realização destas atividades.

A possibilidade de contar com profissionais treinados reduz alguns riscos que a empresa assume ao adotar o avanço de gerações, a semeadura de genitores e geração F₁, já que se estas forem realizadas de maneira inadequada, corre-se o risco de perder cruzamentos importantes e também de se obter quantidades inferiores de sementes para o plantio a campo das demais gerações. Para garantir a hibridação dos materiais, os genitores são semeados em diferentes épocas, o que permite a coincidência entre o amadurecimento do pólen da planta doadora com a receptividade do estigma da planta que gerará a semente F₁, em quantidades necessárias para viabilizar a realização do cruzamento. Por mais arriscado e trabalhoso que possa ser, a realização de cruzamentos no verão é fundamental para viabilizar a meta de 4 mil combinações por ano, sendo 2 mil realizadas no inverno e 2

mil no verão. Para as populações em avanço, o cuidado remete-se à semeadura de quantidades adequadas de sementes de cada genótipo, em diferentes baldes ou covas, além da condução adequada dessas plantas ao longo do seu desenvolvimento, a fim de assegurar que estas plantas gerem as quantidades mínimas de sementes capazes de formar uma parcela, à campo, na próxima geração.

Em relação aos cruzamentos, há também o transporte dos baldes que contêm os genitores da estufa para a sala de emasculação e polinização. Estes baldes pesam, em geral, 8 kg cada, tornando extremamente desgastante e trabalhosa tal atividade. Neste sentido, a empresa vem estudando a possibilidade de utilizar substratos para substituir o solo, mas ainda sem sucesso, uma vez que não há estudos quanto à solução nutritiva que pudesse ser utilizada para nutrição das plantas de trigo nesse sistema.

O banco de germoplasma da Biotrigo é bastante amplo e conta com acessos de várias regiões do mundo, como Europa, América do Norte e América do Sul, o que possibilita à empresa um estoque de variabilidade genética fundamental para a introdução de genes de interesse para o desenvolvimento de cultivares que apresentem características demandadas pelo setor, como, por exemplo, a resistência a doenças, a qualidade tecnológica e o rendimento de grãos.

Os objetivos da empresa com relação às características das cultivares estão de acordo com aqueles descritos por Federizzi *et al.* (1999), onde deve-se buscar por linhagens com bom tipo agrônomo, resistência a doenças, em especial as da espiga, qualidade tecnológica e rendimento de grãos. Em relação às doenças foliares, a empresa preza muito que suas cultivares apresentem resistência à ferrugem da folha e do colmo, porém, para doenças que ocorrem de forma esporádica, como o oídio, a empresa ainda não tem dado a devida atenção na busca por cultivares resistentes, embora tenha sido observada bastante incidência desta nos telados, nas gerações em avanço.

As gerações F₂, F₃, F₅ e F₇ são conduzidas à campo, em região e época de plantio representativas de onde será indicado o cultivo da nova cultivar, o que concorda com o descrito por Borém (2009) para o método genealógico. A maneira como são realizadas as seleções fenotípicas das plantas individuais nas populações segregantes também estão alinhados às descritas por este autor. Mas como etapa adicional, a empresa lança mão da seleção de grãos, sendo considerada para esta fundamental e complementar à seleção fenotípica que ocorre à campo, desde as primeiras gerações até as linhagens que estão para entrar em período de testes. A seleção de sementes também ocorre nas gerações que estão

em avanço. O objetivo é a eliminação de genótipos com características indesejáveis, como grãos chochos, pequenos, germinados, doentes e mal formados. A eliminação desses genótipos, além de todos os benefícios que traz ao programa, também possibilita a redução da área nos campos experimentais, uma vez que a avaliação dos grãos auxilia na eliminação precoce de famílias com características indesejadas ao programa reduzindo os custos inerentes a instalação, manejo e sua condução, posto que estas seriam eliminadas posteriormente quando ocorresse a seleção fenotípica a campo.

No último ano de condução das populações segregantes, na geração F₇ e nas linhagens que se encontram em ensaios preliminares de rendimento e de valor de cultivo e uso, são realizadas análises laboratoriais e testes de panificação, para verificar a qualidade tecnológica destes genótipos, o que permite avaliar o potencial industrial antes do lançamento de uma nova cultivar.

As parcerias entre algumas empresas e a Biotrigo são uma estratégia importante para o crescimento da empresa, pois viabilizaram o aumento da estrutura física, como foi o caso da parceria com a empresa Bayer, e também a capacitação dos seus profissionais. Parcerias com produtores de sementes vem aumentando a área e as localidades para a realização de ensaios, o que possibilita lançar cultivares que apresentem adaptação ao bioma Cerrado, por exemplo. Outras parcerias estratégicas possibilitam o lançamento de cultivares com novas tecnologias, como a parceria com a empresa Basf, que permitindo o desenvolvimento e o lançamento de uma cultivar que apresenta a tecnologia Clearfield®, possibilitando o controle de plantas invasoras como o azevém (*Lolium multiflorum*), aveia branca (*Avena sativa*) e aveia preta (*Avena strigosa*), em pós-emergência, na lavoura de trigo já estabelecida.

7 Considerações finais

O trigo, desde sempre, representa um importante cereal para a humanidade, tanto no setor alimentício quanto no setor econômico. Entretanto, apesar de toda sua representatividade, em termos de área plantada e produção mundial, este cereal ainda apresenta alguns desafios (problemas com doenças, baixa produtividade e qualidade) para as próximas décadas e que devem ser minimizados para a maior viabilização da cultura, principalmente no Brasil, onde a produtividade do trigo é considerada baixa (2,6 ton/ha).

Nesse sentido, o melhoramento genético vem exercendo papel fundamental para solução dos entraves encontrados pelos produtores e pela indústria. Ao longo de muitas décadas melhoristas desenvolveram novas cultivares que atendessem as necessidades do setor tritícola, porém, mesmo com um vasto portfólio de cultivares, todos os anos, novos problemas surgem (doenças, distúrbios fisiológicos) assim como novas exigências.

Desta forma, torna-se cada vez mais importante o avanço no setor da pesquisa, visando o desenvolvimento de cultivares que proporcionem maiores produtividades, com qualidade e sanidade, atendendo as exigências da cadeia produtiva do trigo. O melhoramento genético de uma espécie é a principal ferramenta para alcançar esses objetivos e as responsabilidades dos melhoristas vão muito além da seleção.

O papel do melhorista é crucial para o sucesso ou não de um programa de melhoramento. Estes precisam conhecer todos os elos do setor, desde os problemas à campo, como a presença de pragas, moléstias, desordens fisiológicas, assim como a produtividade. Também devem atentar-se para o que a indústria procura em termos de qualidade e, principalmente, executar a principal tarefa de um melhorista: desenvolver uma nova cultivar, que apresente características superiores às demais cultivares do mercado a partir da seleção das melhores plantas.

O desenvolvimento de novas cultivares de trigo é um desafio enfrentado todos os anos, assim como a viabilização do seu cultivo no Brasil. A empresa Biotrigo Genética anda lado a lado com esses desafios e, com o empenho de uma equipe capacitada, busca, todos os anos, desenvolver novas cultivares que eliminem problemas fitossanitários, distúrbios fisiológicos, aumentem a qualidade industrial da farinha e a produtividade das lavouras de trigo, assim como novos nichos de inserção para a cultura, entregando para o produtor trigos mais seguros e completos, com a genética necessária para o sucesso na lavoura.

Referências

BACALTCHUK, B.; MELO, I. B.; JACOBSEN, L. A. **Diagnóstico Instrumental para o Direcionamento do Espaço Rural de Passo Fundo 2012-2014**. 1. ed. Passo Fundo: UPF Editora, 2015.

BIOTRIGO GENÉTICA. **Empresa**. Passo Fundo, 2018. Disponível em: <http://biotrigo.com.br/empresa>. Acesso em: 25 jan. 2019.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. rev. e amp. Viçosa, MG: UFV, 2009. 523 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento técnico do trigo. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 2, 1 dez. 2010.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Alimentação e Nutrição. *In*: CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017a. p. 15-29.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Produção e Abastecimento de Trigo no Brasil. *In*: CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017b. p. 39-107.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Análise mensal**: Trigo, Brasília, DF, [p.1/5], nov. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo>. Acesso em: 10 jan. 2020.

CUNHA, G. R. *et al.* **Regiões para trigo no Brasil: ensaios de VCU, zoneamento agrícola e época de semeadura**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63173/1/94-1cunha.pdf>. Acesso em 23 jan. 2020.

CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F. **Sistemas de cultivo para rendimento elevado em trigo e o desafio das correlações indesejadas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do48.pdf. Acesso em 24 jan. 2020.

DE MORI, C.; IGNACZAK, J. C. Aspectos econômicos do complexo agroindustrial do trigo. *In*: CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; VARGAS, L. **Trigo no Brasil**: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. cap. 3, p. 41-76.

EMBRAPA. **Clima de Passo Fundo**. Passo Fundo, 2018. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/Clima_de_Passo_Fundo.pdf. Acesso em 20 jan. 2020.

EMBRAPA TRIGO. Informações técnicas para trigo e triticales - safra 2019. *In*: **REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE**. 12., 2018, Passo Fundo, RS. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 240 p.

FEDERIZZI, L. C. *et al.* Melhoramento do trigo. *In*: BORÉM, A. (ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 535-571.

FERREIRA, M.M. Prefeitura Municipal. Passo Fundo, 2009. **A formação histórica de Passo Fundo**. Disponível em: http://www.pmpf.rs.gov.br/files/formacao_historica_pf.pdf. Acesso em: 20 jan. 2020.

GUARIENTI, E. M.; MIRANDA, M. Z. Qualidade tecnológica do trigo. *In*: MORI, C. D. *et al.* **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. cap. 14. p. 271.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 1. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20%20RJ/DRB/Divisao%20regional_v01.pdf. Acesso em: 21 jan. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Passo Fundo: panorama**. Rio de Janeiro, [2019]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/passofundo/panorama>. Acesso em: 20 jan. 2020.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. p. 479, 1948.

LAU, D. *et al.* Doenças de trigo no Brasil. *In*: CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; VARGAS, L. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. cap. 12, p. 283-325.

MOTA, F. S. Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil. *In*: MOTA, F. S. (ed.). **Agrometeorologia do trigo no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p. 5-35.

MSRS - MUSEU DE SOLOS DO RIO GRANDE DO SUL. **Unidade Passo Fundo**. Santa Maria/RS: UFSM, 2017. Disponível em: <https://www.ufsm.br/museus/solos-do-rio-grande-do-sul/unidade-de-solos/>. Acesso em: 21 jan. 2020.

PASSO FUNDO. Prefeitura Municipal. **Características físicas**. Passo Fundo, 2017a. Disponível em: <http://www.passofundo.rs.gov.br/secao.php?t=11&p=325>. Acesso em: 20 jan. 2020.

PASSO FUNDO. Prefeitura Municipal. **História**. Passo Fundo, 2017b. Disponível em: <http://www.passofundo.rs.gov.br/secao.php?t=11&p=327>. Acesso em: 20 jan. 2020.

PASSO FUNDO. Prefeitura Municipal. **Economia**. Passo Fundo, 2017c. Disponível em: <http://www.passofundo.rs.gov.br/secao.php?t=11&p=577>. Acesso em: 20 jan. 2020.

PASSO FUNDO. Prefeitura Municipal. **Relatório de Avaliação Ambiental (RAA) do Programa de Desenvolvimento Integrado do Município de Passo Fundo (PRODIN)**. Passo Fundo, 2009. Disponível em: http://www.pmpf.rs.gov.br/servicos/geral/multimedia/RELATORIO_AVALIACAO_AMBIENTAL_PRODIN.pdf. Acesso em: 20 jan. 2020.

PETERSEN, G. *et al.* **Phylogenetic relationships of *Triticum* and *Aegilops* and evidence for the origin of the A, B, and D genomes of common wheat (*Triticum aestivum*).** *Molecular Phylogenetics and Evolution* 79, 2006. P. 70-82.

SEBRAE. **Perfil das cidades gaúchas.** Passo Fundo, 2019. Disponível em: https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Passo_Fundo.pdf. Acesso em: 20 jan. 2020.