



**ANDERSON PSCHIEDT**

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO ENTRE LINHAGENS  
DE TABACO DARK**

**LAVRAS – MG**

**2020**

**ANDERSON PSCHIEDT**

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO ENTRE LINHAGENS DE TABACO DARK**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração genética e melhoramento de plantas, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. João Cândido de Souza  
Orientador

Dr. José Maria Villela Pádua  
Coorientador

**LAVRAS- MG**  
**2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pscheidt, Anderson.

Capacidade De Combinação Entre Linhagens De Tabaco Dark /  
Anderson Pscheidt. - 2020.

55 p. : il.

Orientador(a): João Cândido de Souza.

Coorientador(a): José Maria Villela Pádua.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de  
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Nicotiana Tabacum. 2. Heterose. 3. Dialelo. I. Souza, João  
Cândido de. II. Pádua, José Maria Villela. III. Título.

**ANDERSON PSCHIEDT**

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO ENTRE LINHAGENS DE TABACO DARK**

**COMBINING ABILITY OF DARK TOBACCO INBRED LINES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração genética e melhoramento de plantas, para obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 06 de agosto de 2020

Dr. José Maria Villela Pádua BAT BRASIL

Dr. Adriano Teodoro Bruzi UFLA

Prof. Dr. João Cândido de Souza  
Orientador

**LAVRAS- MG**

**2020**

**DEDICO!**

À minha família e a Deus.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

À empresa BAT BRASIL pela oportunidade e apoio.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas profissional, pela oportunidade de realizar.

Aos meus pais, Anete e Airton, pelos ensinamentos e principalmente pelo exemplo de vida e aos meus irmãos pelo apoio.

A Janeile, minha esposa, pelo amor, paciência, companheirismo e apoio.

Ao João Cândido, pela importante orientação do mestrado.

Ao Dr Jose Maria pela parceria, companheirismo e ajuda.

Aos Drs Carlos E. Pulcinelli e Ricardo Ferreira, pelo apoio.

Aos Drs Magno Ramalho e Bruna Carvalho pelo incentivo.

A todos os alunos do mestrado profissional, pela amizade e ajuda.

Aos demais colegas de Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela amizade e ajuda.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, **MUITO OBRIGADO.**

## RESUMO

A espécie *Nicotiana tabacum*, conhecida como tabaco, é uma das culturas com o maior valor econômico do mundo entre as espécies não alimentares. Os principais grupos varietais plantados no Brasil são Virgínia e Burley. Porém existem alguns grupos varietais como o Tabaco Dark, que apesar de representar uma pequena porcentagem do total da produção é considerado economicamente importante. O grupo varietal Dark em sua maioria é utilizado para fabricação dos chamados “Snus”, que são sachês de tabaco para ingestão. Assim objetivou-se estimar a magnitude dos parâmetros genéticos, principalmente a heterose dos híbridos, as capacidades gerais (CGC) e específicas de combinação (CEC), através de cruzamentos dialélicos. Para isso, foi utilizado um cruzamento dialélico completo, 10 linhagens parentais pertencentes ao grupo varietal Dark. Os 45 híbridos oriundos do dialelo juntamente com as 10 linhagens parentais e mais 9 testemunhas, totalizando 64 tratamentos com três repetições em 4 locais, foram avaliados na safra 2016/17 em três locais no oeste do Paraná e um na fazenda experimental da empresa em Mafra/SC. O delineamento utilizado foi o látice triplo (8 x 8). Os experimentos foram conduzidos conforme o pacote tecnológico que a empresa utiliza para o Tabaco Dark. As características avaliadas foram: peso verde das folhas (produtividade kg/ha), e alcalóides totais, sendo que para a obtenção do índice foi utilizado o peso de 70% para peso verde e 30% para alcalóides totais. Verificou-se apesar das heteroses serem na média de 5% os híbridos de maiores médias não foram aqueles que apresentaram maiores heteroses, ou seja, os efeitos aditivos foram os principais contribuintes para a performance do híbrido. Tanto os efeitos da CGC como da CEC foram significativos para o índice SVP, reforçando a presença de efeitos aditivos e dominantes para esta características. Através da aplicação do índice SVP é possível obter ganhos para produtividade e alcalóides simultaneamente, embora sejam de magnitude inferior à seleção para cada característica individualmente. Portanto, o uso de híbridos deve ser incentivado não apenas para a combinação de fenótipos, mas também para explorar heterose. O programa de melhoramento do Tabaco Dark deve focar em aumentar o desempenho das linhagens ‘per se’, em seguida, testar todas as combinações possíveis para encontrar o melhor híbrido.

**Palavras-chave:** *Nicotiana Tabacum*. Heterose. Dialelo.

## ABSTRACT

The species *Nicotiana tabacum*, known as tobacco, is one of the crops with the highest economic value in the world among non-food species. The main tobacco types planted in Brasil are Virginia and Burley. However, there are some varietal groups such as Dark Tobacco, which despite representing a small percentage of the total production is considered economically important. The Dark tobacco types is mostly used to manufacture the so-called "Snus", which are tobacco saches for ingestion. This study aimed to estimate the magnitude of genetic parameters, mainly the heterosis of F1 hybrids, the general combining capacities (GCA) and the specific combining capacities (SCA), through diallel crossings using method 2, proposed by Griffing. For this, a complete diallel crossing was used, 10 parental strains belonging to the Dark varietal group. The 45 hybrids from the diallel together with the 10 parental strains and 9 more controls, totaling 64 treatments with three replications in 4 sites. They were evaluated in the 2016/17 crop at three sites in western Paraná and one at the company's experimental farm in Mafra/SC. The design used was the triple lattice (8 x 8). The experiments were conducted according to the technological package that the company uses for Dark Tobacco, the characteristics evaluated were: green weight of leaves (productivity), and total alkaloids, and for obtaining the index was used the weight of 70% for green weight and 30% for total alkaloids. It was verified that, although heteroses were on average 5% the hybrids with higher averages were not those with higher heteroses, that is, the additive effects were the main contributors to the performance of the hybrid. Both the effects of CGC and SCA were significant for the SVP index, reinforcing the presence of additive and dominant effects for this characteristic. By applying the SVP index it is possible to obtain gains for productivity and alkaloids simultaneously, although they are of lesser magnitude than the selection for each characteristic individually. Therefore, the use of hybrids should be encouraged not only for the combination of phenotypes, but also to explore heterosis. The Dark Tobacco breeding program should focus on increasing the performance of the 'per se' strains, then test all possible combinations to find the best hybrid.

Keywords: Tobacco. Heterosis. Diallel.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Heterose do índice e agrupamento dos híbridos pelo método SCOTT & KNOTT, 1974, considerando os 4 locais. ....42
- Figura 2 - Agrupamento das linhagens parentais e testemunhas pelo método SCOTT & KNOTT, 1974, considerando os 4 locais.....43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos 4 ambientes onde foi instalados os experimentos de avaliação dialélica do Tabaco Dark.....	25
Tabela 2- Descrição dos tratamentos para os 4 locais avaliados, 45 primeiros são híbridos, 46 ao 55 linhagens parentais e 56 ao 64 testemunhas. ....	26
Tabela 3- Dados das análises de solos dos 4 produtores onde foram instalados os experimentos de avaliação dialélica do Tabaco Dark. ....	27
Tabela 4- Esquema da ANAVA, apresentando as esperanças dos quadrados médios para cada local avaliado, no delineamento blocos casualizados. ....	29
Tabela 5 - Esquema da ANAVA conjunta, apresentando as esperanças dos quadrados médios para todos os locais, no delineamento blocos casualizados.....	30
Tabela 6 - Resumo das análises variância do $\sum Z$ , por local . Dados obtidos no cruzamento dialelo envolvendo dez genitores do grupo varietal Dark. ....	34
Tabela 7 - Resumo da análise da variância conjunta dos locais para o $\sum Z$ . Dados obtidos no cruzamento dialelo envolvendo dez genitores do grupo varietal Dark.....	35
Tabela 8 – Capacidade específica de combinação dos híbridos conforme o $\sum Z$ abaixo da diagonal, capacidade geral de combinação na diagonal. Dados baseados na média de 4 locais. ....	37
Tabela 9 – Médias dos híbridos para Produtividade acima da diagonal, produtividade das linhagens parentais na diagonal e heterose para produtividade abaixo da diagonal. Dados baseados na média de 4 locais. ....	39
Tabela 10 - Médias dos híbridos para alcalóides acima da diagonal, alcalóides das linhagens parentais na diagonal e heterose para alcalóides abaixo da diagonal. Dados baseados na média de 4 locais.....	40
Tabela 11 - Médias dos híbridos para a $\sum Z$ acima da diagonal, índice das linhagens parentais na diagonal e heterose para o índice abaixo da diagonal. Dados baseados na média de 4 locais. Valores com a utilização do índice (70% peso verde + 30% alcaloides). ....	41

## **LISTA DE ABREVIÇÃO**

ALK: Alcalóides totais

BAT: British American Tobacco

Dark O.S.: Dark One Sucker

CV: Coeficiente de variação

GL: Graus de liberdade

CEC: Capacidade específica de combinação

CGC: Capacidade geral de combinação

SVP: Soma das Variáveis Padronizadas

OTPs: Other Tobacco Products

IQS: Índice de Qualidade Geral

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	14
2.1	Tabaco no Brasil e no Mundo.....	14
2.2	Tabaco Dark .....	16
2.3	Escolha de genitores .....	18
2.4	Cruzamento Dialélico .....	19
2.5	Heterose .....	21
2.6	Índice de Seleção .....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	25
3.1	Local .....	25
3.2	Experimentos.....	25
3.3	Análises estatísticas .....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
5	CONCLUSÕES.....	44
	REFERÊNCIAS .....	45
	ANEXO A .....	52
	ANEXO B .....	53

## 1 INTRODUÇÃO

A espécie *Nicotiana tabacum*, conhecida como tabaco, é uma das culturas com o maior valor econômico do mundo entre as espécies não alimentares (BELOGRADOVA et al., 2009). Desde 2000, o Brasil tornou-se o segundo maior produtor mundial de tabaco, perdendo apenas para a China, contudo, é o maior exportador mundial de tabaco. Com relação ao tabaco, a produção brasileira concentra-se principalmente na região Sul, que responde por quase 98% do total nacional, com cerca de 557 municípios produtores, gerando cerca de 2 milhões de empregos (KIST et al., 2019).

Os principais grupos varietais plantados no Brasil e no mundo são Virgínia e Burley. Porém, existem alguns grupos varietais como o Dark que, apesar de representar uma pequena porcentagem do total de produção, são economicamente importantes, por apresentarem alto valor agregado. O grupo varietal Dark é utilizado para na grande maioria para a fabricação dos chamados “Snus”, que são sachês de Tabaco para ingestão oral. Essa forma de consumo de Tabaco é considerada menos tóxica e prejudicial que o cigarro (SUSTAINABILITY REPORT, 2016) e os principais países consumidores são a Suécia, Noruega e os Estados Unidos.

O Tabaco Dark no Brasil, é cultivado anualmente por dezenas de produtores da região oeste do Paraná. O principal problema é que até o momento a única cultivar disponível para atender a demanda, chamada Dark O.S., uma cultivar fértil, ou seja, o produtor pode produzir a sua própria semente e possui a média de produtividade de 1800 kg/há.

No atual sistema de produção de sementes de tabaco as cultivares são híbridos, sendo que os cruzamentos são realizados para combinar fenótipos de caracteres de interesse presentes em diferentes linhas e especialmente, para preservar a propriedade intelectual da cultivar produzida, usando macho esterilidade citoplasmática (AYCOCK; MATZINGER, 1963; SCHNABLE WISE, 1998). Desta forma, no campo do agricultor, as plantas não produzem sementes. Consequentemente o uso dos híbridos não incorre em nenhum custo de trabalho adicional no momento da produção de sementes, pois de qualquer forma tem-se a necessidade de realizar o cruzamento.

Portanto, a exploração da heterose, mesmo de pequena magnitude, seria vantajosa. Em outros grupos varietais como Burley e Virgínia existem vários trabalhos que relatam o ganho com a heterose, no entanto, para o grupo varietal Dark, principalmente em condições tropicais, não há relatos na literatura da utilização de híbridos comerciais.

Na condução do programa de melhoramento o primeiro desafio é escolher os genitores que irão originar a ou as população(ões) que serão submetidas a seleção. Existem inúmeros procedimentos que podem ser utilizados na escolha dos genitores (RAMALHO et al., 2012). No caso do tabaco que existe a possibilidade de obter híbridos a melhor opção é por meio de cruzamentos dialelos. Na análise dos dialelos existem alguns procedimentos, mas na presente situação as estimativas da capacidade geral e específica dos genitores é a melhor opção.

Outro desafio dos melhoristas é que a seleção normalmente não é direcionada a apenas um caráter (RAMALHO et al., 2012). Nessa condição as estimativas da capacidade de combinação devem ser direcionadas a todos caracteres de interesse. Uma boa opção, nesse caso, é utilizar um índice envolvendo os caracteres de interesse. Esse tipo de procedimento, ao que tudo indica, ainda não foi utilizado no melhoramento do tabaco do grupo varietal Dark.

Do exposto objetivou-se estimar a capacidade de combinação de linhagens do grupo varietal Dark e verificar a viabilidade da estimativa da capacidade de combinação de mais de um caráter simultaneamente, visando nortear as estratégias de melhoramento da BAT Brasil.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Tabaco no Brasil e no Mundo

O Tabaco (*Nicotiana Tabacum L.*) é uma planta da família Solanaceae, originária das Américas Central e do Sul, onde provavelmente surgiu nas margens das florestas de média e baixa altitude (TSO, 1999). Estudos morfológicos, ecológicos, genéticos e citogenéticos mostram que a espécie *Nicotiana Tabacum*. O Tabaco foi originada através de uma hibridização interespecífica natural que aconteceu em torno de 200 mil anos atrás. A espécie *Nicotiana Tabacum* (Tabaco), é uma planta alotetraploide ( $2n = 4x = 48$ ), porém, com atuação de espécie diploide, anfiploidia e a subsequente duplicação do número de cromossomos levou a estabilização. A espécie *Nicotiana Sylvestris* ( $2n=24$ ) foi a doadora do citoplasma enquanto a *Nicotiana Tomentosiformis* ( $2n=24$ ) foi a doadora do pólen (LEITCH et al., 2008).

O Tabaco foi espalhado por todo o mundo após a colonização europeia. Durante os séculos XVII a XIX, diferentes classes de mercado surgiram para a cultura do tabaco, em resposta as preferências dos consumidores por diferentes finalidades de uso. Seu uso ocorria de diferentes formas: comiam, bebiam, mascavam e aspiravam, mas o principal uso era para o fumo, o qual persiste atualmente (LEWIS; NICHOLSON, 2007).

O Tabaco acompanhou as migrações dos ameríndios por toda a América Central, até chegar ao território brasileiro. Quando os europeus chegaram ao Brasil, o Tabaco já era cultivado e utilizado onde, apesar das diferentes formas de uso, se destacava o hábito de fumar (RATOCHINSKI, 2015).

O início da produção de Tabaco pelos colonos surgiu da necessidade de garantir o suprimento próprio. Com a procura crescente o excedente de produção começou a ser comercializado, principalmente para a Europa. No século XVII iniciou a produção de Tabaco no Brasil com fins comerciais, sobretudo na Região Nordeste, pelo incentivo de Portugal. O Tabaco passou a figurar entre os principais produtos exportados durante o período do Império Português no país (SINDITABACO, 2018).

Atualmente a produção mundial, na safra 2018/19, foi de 5,1 milhões de toneladas e os 10 principais produtores mundiais são: China, Brasil, Índia, Zimbábue, Malawi, Estados Unidos, Indonésia, Paquistão, Argentina e Zâmbia. (AFUBRA; KIST et al., 2019).

O crescimento progressivo da produção de Tabaco no Sul do país, fez com que o Brasil alcançasse atualmente a posição de segundo maior produtor mundial de Tabaco e, desde 1993,

o posto de principal país exportador (KIST et al., 2016; SILVEIRA; DORNELLES; FERRARI, 2012), na safra 2018/19 a produção foi de aproximadamente 686 mil toneladas, sendo o Tabaco considerado um dos dez produtos mais importantes nas exportações (AFUBRA; KIST et al., 2019).

Do total produzido no Brasil em torno de 67%, após ser beneficiado industrialmente, é exportado, sendo o restante da produção consumido internamente pelas fábricas de cigarros instaladas no país (KIST et al., 2019; MENDES et al., 2015;).

O bom desempenho do Brasil na produção de Tabaco deve-se às características ambientais favoráveis de solo e clima existentes nos locais de produção. Os altos índices de qualidade e de produtividade do Tabaco estão ligados com a consolidação do complexo agroindustrial e com o crescente aperfeiçoamento tecnológico do modo de produção. Isto tem sido favorável à competitividade da produção e exportação brasileira (SILVEIRA; DORNELLES; FERRARI, 2012, SILVEIRA, 2016).

Nos últimos anos houve um aumento da produtividade nas lavouras de tabaco, Silveira Dornelles e Ferrari (2012) evidenciam que em 1996 a produtividade média era de 1,55 t/ha e, em 2006, foi ampliado para 2,03 t/ha. Já na safra 2017/18 alcançou 2,16 t/há (KIST et al., 2019).

A introdução de novas normas técnicas de produção agrícola e de cura do Tabaco tem fundamental importância para este aumento de produtividade. Assim como o uso, cada vez mais constante, de novas tecnologias envolvendo sementes de maior qualidade, o emprego do sistema float para o cultivo das mudas, a utilização de novos fertilizantes e agrotóxicos, uso de cultivares superiores, camalhão vegetado, fertirrigação entre outros (BARRETO; NOVAIS, 2016; SILVEIRA; DORNELLES; FERRARI, 2012, SILVEIRA, 2016).

Silveira; Dornelles e Ferrari (2012) ressaltam que parte do aumento de produtividade alcançado pelos produtores brasileiros deve-se ao uso de sementes híbridas de Tabaco produzidas através do uso de técnicas de melhoramento genético que selecionam genótipos superiores e possibilitam a produção de sementes com maior qualidade, produtividade e resistência aos nematoides e as doenças e pragas comuns à lavoura do tabaco.

No Brasil são cultivados vários grupos varietais da cultura do tabaco sendo os principais Virginia, Burley, Comum, Amarelinho, Dark, Maryland e Tabaco de Corda. Dentre os grupos apresentados, Virgínia e Burley detém a maior fatia do mercado internacional e nacional, no Brasil a produção fica dividida em 86% Tabaco Virginia e 9,5% Tabaco Burley, sendo que, a produção de Tabaco dos dois grupos, Virgínia e Burley, na safra 2018/19 foram de aproximadamente 590 mil toneladas e 65 mil toneladas, respectivamente (KIST et al.;

AFUBRA, 2019). Já o Tabaco Dark não possui grande expressividade em produção, mas agrega grande importância econômica.

## **2.2 Tabaco Dark**

O Tabaco Dark apesar de não ser o grupo varietal mais importante no Brasil e no mundo, possui grande importância para empresa BAT Brasil, sendo cultivado anualmente em 82 produtores da região oeste do Paraná. Até o momento a empresa depende exclusivamente de uma cultivar para atender esta demanda, chamada Dark O.S., que possui a média de produtividade de 2000kg/ha.

Na empresa BAT Brasil, os produtores que produzem o Tabaco Dark trabalham em sistema integrado de produção (SIPT), referência no agronegócio familiar. Esse sistema de parceria com produtores de Tabaco consiste no fornecimento das sementes (desenvolvidas pelo Centro de Melhoramento da Companhia) e dos insumos necessários para a instalação e desenvolvimento da lavoura e da assistência técnica gratuita em todas as fases da cultura até a comercialização, quando o produtor tem a tranquilidade de saber que venderá tudo o que contratou.

A produção do Tabaco pode ser dividida em 6 grandes etapas, para melhor entendimento: Preparação do solo; Produção de mudas; Transplante; Condução; Colheita e Cura. A cura é diferenciada para cada grupo varietal, Tabaco Virgínia é curado em estufas com trocadores de calor, já no Tabaco Burley, Comum, Maryland e Dark precisam passar por um processo de cura em condições naturais em galpões padrões, o Tabaco do tipo Dark ganha tons de marrom mais escuros. Além da cor, a sua grande diferença para as demais variedades está no percentual de nicotina em suas folhas: em média, tem 3,5%, o mais alto entre os tipos cultivados no Brasil

A fumaça do Tabaco contém mais de 7.000 produtos químicos, cerca de 70 desses produtos químicos podem causar câncer. O Tabaco Dark utilizado para fabricação dos chamados “Snus e Snuff”, são formas de consumo oral e nasal. Essa forma de consumo de Tabaco é considerada menos tóxica e prejudicial que o cigarro, liberando nicotina gradativamente via oral (SUSTAINABILITY REPORT, 2016) e os principais países consumidores são a Suécia, Noruega e EUA.

A utilização dos produtos do Tabaco (OTPs) entre fumantes está aumentando, são produtos que contêm nicotina, mas não são cigarros. Cigarros eletrônicos, Tabaco úmido em

pó (snus), fumo para mascar, e Tabaco dissolvível (snuff), são exemplos de outros produtos de tabaco. Estes produtos conseguem entregar ao consumidor a nicotina de uma forma menos tóxica, comparado a combustão de um cigarro. (ASHLANDDECISIONS, 2019)

Snus: é um termo sueco utilizado para indicar um Tabaco úmido, em pó, para uso oral, produzido através de um processo de umidificação a vapor. O produto pode ser encontrado em uma variedade muito grande de sabores, mas sempre em duas variantes básicas: Lös (solto), um pó húmido e solto que deve ser prensado entre os dedos antes do uso, ou porcionado, em que o produto já vem em uma determinada porção (pequena, média, normal ou grande) preparada em bolsinhas (sachês). Para o uso o produto em sua forma solta ou em sachês é acomodado abaixo do lábio superior (entre o lábio e a gengiva). Mantem seu sabor e ação durante horas. O produto tem sua origem do rapé tradicional, mas não deve ser confundido com esse produto que por sua vez é aspirado. O snus também não deve ser confundido com o fumo de mascar. Especula-se que esse produto seja uma forma menos nociva de consumo do tabaco, devido sua forma de preparo industrial e uso sem combustão (B.A.T, 2019)..

Snuff: (rapé) originou-se nas Américas e estava em uso comum na Europa no século XVII. A produção tradicional de rapé consiste em um longo processo de várias etapas, em fábricas de rapé de tabaco. As folhas selecionadas de Tabaco são as primeiras sujeitas a processos especiais de cura ou fermentação de tabaco, onde mais tarde fornecerão as características individuais e o sabor para cada tipo de mistura de rapé. O rapé é geralmente perfumado ou aromatizado, com muitas misturas de rapé exigindo meses a anos de armazenamento especial para atingir a maturidade necessária. Os sabores tradicionais típicos são variedades de folhas de Tabaco misturadas consideradas originais "rapé fino" sem qualquer adição de aromas ou essências. Variedades de especiarias, picantes, frutas, florais e mentolados (também chamados de "medicados") logo se seguiram, pura ou em misturas. Cada fabricante de rapé geralmente tem uma variedade de receitas e misturas únicas, bem como receitas especiais para clientes individuais. Os sabores comuns também incluem café, chocolate, bordeaux, mel, baunilha, cereja, laranja, damasco, ameixa, cânfora, canela, rosa e hortelã. Os sabores modernos incluem Bourbon, Cola e whisky (B.A.T, 2019).

A utilização do rapé é de forma nasal cheirando, aproxima-se o pó de uma das narinas, tendo a outra tampada com o dedo indicador da outra mão. Aspira-se com força fazendo com que o pó entre pela narina e em seguida, o espirro vem. (MODERNSNUFF, 2019)

### 2.3 Escolha de genitores

Para se ter sucesso na escolha dos genitores os objetivos devem ser claros e focados em poucos caracteres, se o objetivo do melhorista é seleção para um caráter qualitativo, espera-se que esse seja controlado por um menor número de genes e pouco influenciado pelo ambiente, esta situação fica favorável, e a escolha dos genitores é fácil. Mas quando o caráter selecionado for quantitativo, espera-se que seja controlado por muitos genes e influenciado pelo ambiente neste caso a escolha dos genitores não se torna fácil (RAMALHO et al., 2012).

A seleção de genitores e de populações segregantes constitui a primeira etapa no processo de melhoramento. Desta depende o sucesso das demais etapas e, conseqüentemente, a eficiência do programa, sendo uma das decisões de maior importância a ser tomada pelo melhorista (BERTAN et al., 2007; PEREIRA et al., 2007). Sobre a escolha e decisão de genitores pouco foi elucidado e publicado sobre as bases científicas da seleção de germoplasma (BORÉM e MIRANDA, 2009), tornando a escolha de genitores uma das maiores dificuldades encontradas pelos melhoristas (LORENCETTI et al., 2005).

Na falta de informações muitas populações são avaliadas todo ano a procura das melhores linhagens nos programas de melhoramento. No entanto das várias populações avaliadas, nem todas irão gerar genótipos superiores. Isso dificulta o progresso genético da cultura, pois parte dos recursos disponíveis é utilizada na geração e condução de populações que não trarão resultados satisfatórios.

O melhorista deve atuar em populações que possuam média alta, associada a grande variabilidade genética para o caráter sob seleção. Esses parâmetros populacionais são determinados pela capacidade de combinação entre os genitores envolvidos em cada cruzamento (RAMALHO et al., 2012), que pode ser classificada em capacidade geral (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) (SPRAGUE e TATUM, 1942).

A utilização de ferramentas eficientes na seleção de genitores e predição do comportamento de populações segregantes torna-se ferramenta necessária aos melhoristas (VALÉRIO et al., 2009). Para que o melhorista tenha maior sucesso na formação de uma população ele deve ter um conhecimento prévio dos pais, podendo ser realizados ensaios de competição em que a média dos genitores estabelece o desempenho da progênie. São analisadas várias características, sendo uma das mais importantes a produtividade (BOREM & MIRANDA, 2013).

Uma outra maneira de escolher os pais é por meio de técnicas preditivas da diversidade genética. Toma-se por base diferenças morfológicas, fisiológicas ou moleculares quantificando-as em alguma medida de objetivos, que expresse o grau de diversidade genética entre os genitores (CRUZ, FERREIRA & PESSONI, 2011).

A utilização de cruzamentos, abrangendo a análise dialélica por exemplo, é possível obter estimativas de parâmetros úteis para seleção de progenitores para hibridação e entender efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres, o método proposto por Jinks e Pooni (1976). Haja vista que cada cultura apresenta suas particularidades, os métodos empregados em uma cultura não necessariamente são apropriados para outra. Assim, é preciso que estudos sejam realizados para avaliar a eficiência e adequação das metodologias disponíveis à rotina do processo de melhoramento de cada cultura. Alguns trabalhos foram conduzidos com esse intuito em algumas culturas, tais como Oliveira et al. (1996) e Mendonça et al. (2002), com feijão comum, e Lorencetti et al. (2006), com aveia. Carvalho, (2016) Tabaco Virginia e Burley.

## 2.4 Cruzamento Dialélico

Os dialelos, que se referem a todos os casos em que  $n$  genitores são combinados dois a dois. Este último pode ser empregado com algumas finalidades, como na escolha de genitores, na obtenção de informações do controle genético de caracteres e na predição de compostos ou cultivares sintéticas (RAMALHO et al., 2012).

Um dos problemas relatados sobre a utilização dos dialelos é que à medida que se aumenta o número de genitores envolvidos, aumenta-se também o número de cruzamentos que tem que ser realizados, muitas vezes inviabilizando o uso desse método. Desta forma foram propostos inúmeros tipos de dialelos, para que um maior número de genitores possa ser incluído, são eles:

Dialelos completos ou balanceados: são os dialelos que incluem os híbridos entre todos os genitores.

Dialelos parciais: são assim denominados aqueles dialelos que envolvem a obtenção de híbridos de dois grupos de genitores, sem a realização do cruzamento de linhagens do mesmo grupo. Tem como vantagem a possibilidade de incluir maior número de genitores.

Dialelos circulantes: são incluídos nessa categoria os dialelos em que os genitores são representados nas combinações híbridas em número menor de cruzamentos que nos demais

tipos. Por isto, para ser denominado circulante o número de vezes que um genitor participa dos cruzamentos é sempre inferior a  $n-1$ .

Dialelos desbalanceados: são denominadas aquelas situações em que algumas das combinações híbridas não foram obtidas (RAMALHO et al., 2012).

Nas análises dialélicas, após se obter os cruzamentos entre os genitores, são originadas combinações que serão avaliadas, em experimentos com repetição e, com base nesses dados, são estimados os componentes de variância da capacidade de combinação geral (CGC) e específica (CEC).

Uma das questões que deve ser discutida sobre as metodologias empregadas nos dialelos, é a de que os genótipos podem ser considerados tanto fixos como aleatórios, dependendo de os tratamentos experimentais fornecerem conclusões que lhes são particulares ou que possam ser extrapoladas para uma população na qual os tratamentos representam a amostra da população.

Segundo Hallauer, Carena e Miranda Filho (2010), essa resposta tem grandes implicações nas interpretações a serem tiradas das análises dialélicas, e são também, responsáveis por várias discussões, prós e contras à utilização dos dialelos. Dentre os modelos propostos para os dialelos, dois podem ser utilizados para estimar os componentes da variância genética, por considerarem os efeitos de genótipos como aleatórios, sendo eles: o de Jinks e Hayman (1953) e o de Griffing (1956).

O modelo de Jinks e Hayman (1953) é conhecido por gerar uma grande quantidade de informações (VENCOVSKY, 1970). Esse método tem sido utilizado para estimar a presença dos efeitos genéticos aditivos e de dominância, os componentes da variância genética e parâmetros genéticos, como as herdabilidades e o grau médio de dominância. Contudo, este método apresenta algumas restrições, como o caráter deve apresentar ausência de epistasia, ausência de alelismo múltiplo, distribuição independente dos genes e só se aplica a linhas puras, sendo mais utilizada em culturas autógamas (OTUBO, 1994). Os dados da tabela dialélica, permitem ainda efetuar uma análise gráfica que classifica os genótipos quanto à proporção de alelos dominantes e recessivos e estimar os limites seletivos das populações avaliadas (HAYMAN, 1954; SANTOS, 1984).

Já o modelo de Griffing (1956), de maneira geral, é utilizado para se obter valores da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) (EISENHART, 1955). Os procedimentos de análise utilizando essas metodologias são

apresentados em inúmeras publicações, tais como Ramalho, Santos e Zimmermann (1993) e Cruz et al. (2004). Esse modelo é dividido em quatro métodos:

- I. O método 1 inclui todas as combinações  $n^2$ , ou seja, os híbridos, seus cruzamentos recíprocos e os genitores;
- II. O método 2 é semelhante ao anterior não incluindo os cruzamentos recíprocos  $\frac{n(n+1)}{2}$ ;
- III. O método 3 inclui os híbridos e seus recíprocos, mas sem os genitores  $n(n - 1)$
- IV. O método 4 considera apenas as combinações híbridas  $\frac{n(n-1)}{2}$ .

Segundo Sprague e Tatum (1942), o termo capacidade geral de combinação (CGC) refere-se ao comportamento médio de cada linhagem em cruzamento com as demais do conjunto, ou seja, o comportamento do genitor em relação ao cruzamento com um grupo de genitores. Portanto, quanto mais altas forem estas estimativas, positivas ou negativas, determinado genitor será considerado superior ou inferior aos demais, já se estas forem próximas de zero, o seu comportamento não difere da média geral dos cruzamentos (CRUZ et al., 2004).

A capacidade específica de combinação (CEC) é definida como um desvio em relação ao comportamento médio dos pais, ou seja, um efeito na expressão do híbrido que é adicional aos efeitos da CGC dos pais, podendo ser positiva ou negativa, sendo que esta enfatiza a importância de interações não aditivas resultantes da complementação gênica entre os parentais. Têm-se, portanto, que a combinação híbrida mais favorável deve ser aquela que apresente a maior estimativa de CEC e pelo menos um dos parentais com alta CGC (CRUZ et al., 2004).

## 2.5 Heterose

Heterose, é o fenômeno quando a geração  $F_1$  oriunda do cruzamento entre dois genitores, e apresenta desempenho superior à média dos pais (CHEN, 2013; RAMALHO et al., 2012). O uso de hibridação comercial é predominante em plantas alógamas (SOUZA JR, 2011), como milho, cebola, cenoura e muitas outras. Dado que a heterose é calculada por  $h = F_1 - (p_1 + p_2 / 2)$

Em plantas autógamas, a utilização de híbridos tem utilização restrita em algumas espécies, incluindo arroz, sorgo e tomate. A principal razão é que, devido ao modo de reprodução, a contribuição da heterose em relação à média dos pais é normalmente baixa

(RAMALHO et al., 2012a). Segundo Fehr (1987) a produção de híbridos só é viável quando eles podem ser produzidos a um custo consistente com sua performance.

O Tabaco é uma espécie significativamente influenciada pelas condições ambientais onde é cultivado, principalmente nos aspectos qualitativos, o clima pode afetar significativamente a qualidade do tabaco (IQS), alcaloides e produtividade. Embora a heterose não tenha sido profundamente explorada na cultura do Tabaco (ALEKSOSKI, 2010), quando obtida por cruzamento de linhagens dentro e entre diferentes grupos varietais tem sido relatado para várias características em alguns artigos publicados (RAMSEY, et al. 2019; CARVALHO 2016; BUTORAC et al., 2000, 2000b; KARA; ESENDAL, 1995; KORUBIN-ALEKSOSKA; ALEKSOSKI, 2012; KRISHNAMURTHY et al., 1994; WILKINSON et al., 1994). Na maioria dos estudos predominou o efeito aditivo para características relacionadas à produtividade. Entre os grupos varietais, o BY apresenta as maiores taxas de heterose e pode atingir até 19% (LITTON; STOKES, 1964).

Segundo Carvalho (2016), em trabalhos mais recentes sobre heterose em Tabaco Virginia e Burley, a heterose para rendimento foi de 5,37% na média de 72 combinações híbridas do Tabaco Virginia. Para o grupo Tabaco Burley a heterose média foi nula. No entanto, para ambos os grupos, apresentaram combinações específicas com heterose acima de 15%.

Além de explorar a heterose, os híbridos podem apresentar maior homeostase, pois os Locus em heterozigose contribuem para o efeito tampão em ambientes contrastantes e, portanto, são mais estáveis (ALLARD; BRADSHAW, 1964; BRUZI et al., 2007; RAMALHO et al., 2012). Para adotar híbridos, a complementaridade da linha deve ser avaliada com base nas estimativas de capacidade de combinação. Uma das metodologias mais utilizadas são os cruzamentos dialélicos (HALLAUER; CARENA MIRANDA FILHO, 2010).

Esta metodologia foi adotada em diversas espécies para identificar combinações superiores (QI et al. 2013; PARKES et al., 2013). Existem vários estudos publicados que relatam esse tipo de informação em condições temperadas para os diferentes grupos varietais do Tabaco (DEAN, 1974; Ibrahim SLAVÍK AVRATOVSCUKOVÁ, 1984; O MATZINGER; Mann COCKERHAM, 1972; O MATZINGER; De WERNSMAN; ROSS, 1971).

## **2.6 Índice de Seleção**

Um caráter somente não é um critério adequado para representar o mérito econômico de uma planta, uma vez que a seleção baseada no mesmo pode conduzir ao desenvolvimento

de tipos economicamente insatisfatórios, seja pela não consideração de outros caracteres de importância econômica ou pelas respostas correlacionadas negativas ocasionadas em outros caracteres.

Para a cultura do Tabaco por exemplo, a necessidade de levar em consideração várias características é muito clara, porque além de características agrônômicas, como rendimento e resistência a doenças, as características ligadas à qualidade físico-química também são extremamente importantes. Isso ocorre porque o produto é usado diretamente pelo consumidor. Existem vários trabalhos na literatura utilizando índice de seleção inclusive em tabaco, um dos mais recentes é: *Breeding for multiple traits using phenotypic and genotypic information in tobacco for tropical conditions* (CARVALHO, 2016)

Os índices de seleção têm sido propostos em programas de melhoramento vegetal e animal como critério de selecionar caracteres quantitativos simultaneamente, tendo sido descritos primeiramente por Smith (1936) e posteriormente por Hazel (1943). O índice clássico, proposto por Smith (1936) e Hazel (1943), consiste numa combinação linear de vários caracteres de importância econômica, cujos coeficientes de ponderação são estimados de modo a maximizar a correlação entre o índice e o agregado genotípico. Este é estabelecido por combinação linear que inclui os valores genéticos, os quais são ponderados por seus respectivos valores econômicos. Todavia, o índice da distância genótipo-ideótipo, descrito por Cruz (2006), utiliza valores fenotípicos médios transformados e o valor ótimo a ser apresentado pelo genótipo sob seleção, os quais são posteriormente padronizados e ponderados pelos pesos atribuídos a cada característica.

O índice de Mulamba e Mock (1978) consiste em classificar os genótipos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento (postos), por meio da atribuição de valores absolutos mais elevados àqueles de melhor desempenho. Em seguida, os valores atribuídos a cada característica são somados, para se obter a soma de postos que mostra a classificação dos genótipos (CRUZ e CARNEIRO, 2006).

Um outro tipo de índice de seleção muito utilizado é o índice das somas das variáveis padronizadas (índice Z), o índice Z utilizado por Mendes et al. (2009) é implementado a partir da padronização dos dados na parcela. Pois o índice Z não necessita de estimativas de covariâncias genéticas e fenotípicas e possibilita visualizar em quais caracteres o indivíduo ou a progênie têm fenótipos favoráveis e em quais ela é deficiente. Além disso, a identificação dos indivíduos de melhor desempenho é rápida e fácil, em experimentos em blocos completos casualizados, a padronização é obtida aplicando a seguinte expressão:

$$Z_{ijk} = \frac{Y_{ijk} - \underline{Y}_{.jk}}{S_{.jk}}$$

Em que

$Z_{ijk}$  = é o valor fenotípico padronizado da parcela que recebeu a  $j$ -ésima repetição do genótipo  $i$  para repetição  $k$

$Y_{ijk}$  = é o valor observado da característica considerada do indivíduo  $i$  na repetição  $j$

$\underline{Y}_{.jk}$  = média fenotípica da repetição  $j$  para característica  $k$

$S_{.jk}$  = é o desvio padrão fenotípico associado a repetição  $j$  para a característica  $k$

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados para este trabalho foram fornecidos pela empresa BAT Brasil, que é uma subsidiária do grupo British American Tobacco (BAT).

#### 3.1 Local

Para a avaliação dos experimentos foram considerados quatro locais (TABELA 1), sendo três na região que representa a produção comercial de Tabaco Dark e um na região de Mafra-SC. A região de cultivo do tabaco Dark é localizada no Sudoeste do estado do Paraná. Nesses locais o clima é quente e temperado. Existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano. Mesmo o mês mais seco apresenta alta pluviosidade. Segundo a Köppen e Geiger São Miguel do Iguaçu apresenta temperatura média de 20.0°C, e a pluviometria média anual é de 1755mm, em Serranópolis do Iguaçu apresenta temperatura média é de 19.8°C, e a pluviometria média anual é de 1837mm.

No quarto local em Mafra, o clima é quente e temperado e de acordo com a Köppen e Geiger em Mafra a temperatura média é 17.3°C e a pluviosidade média anual é de 1288mm.

Tabela 1 - Descrição dos 4 ambientes onde foi instalados os experimentos de avaliação dialélica do Tabaco Dark.

<b>Produtor</b>	<b>Produtor 1</b>	<b>Produtor 2</b>	<b>Produtor 3</b>	<b>Fazenda BAT Brasil</b>
<b>Município</b>	Serranópolis do Iguaçu – PR	São Miguel do Iguaçu - PR	São Miguel do Iguaçu - PR	Mafra SC
<b>Altitude em metros</b>	233	248	269	840
<b>Latitude Sul</b>	25° 23'46.0"	25°37'03.7"	25°15'49.7"	26°10'00.8"
<b>Longitude Oeste</b>	054°05'44.1"	054°29'.49.1"	054°12'95.2"	049°47'58.2"

#### 3.2 Experimentos

O presente estudo foi realizado utilizando um dialelo completo de 10 linhagens parentais pertencentes ao grupo varietal Dark (TABELA 2). Os 45 híbridos oriundos do dialelo foram avaliados juntamente com as 10 linhagens parentais e mais 9 testemunhas no esquema de dialelo de Griffing (Método 2). Os experimentos foram conduzidos na safra 2016/17 em três localidades no oeste do estado do Paraná e um em Mafra - SC. O delineamento utilizado foi o

látice triplo (8 x 8) com três repetições e 64 tratamentos, total de 192 parcelas, sendo as parcelas constituídas de uma linha com 10 plantas.

Tabela 2– Descrição dos tratamentos para os 4 locais avaliados, 45 primeiros são híbridos, 46 ao 55 linhagens parentais e 56 ao 64 testemunhas.

<b>Trat.</b>	<b>cruz.</b>	<b>Trat.</b>	<b>cruz.</b>	<b>Trat.</b>	<b>cruz.</b>	<b>Trat.</b>	<b>cruz.</b>
<b>1</b>	1 x 2	<b>17</b>	4 x 6	<b>33</b>	7 x 10	<b>49</b>	Pai 4
<b>2</b>	1 x 3	<b>18</b>	4 x 7	<b>34</b>	8 x 1	<b>50</b>	Pai 5
<b>3</b>	1 x 4	<b>19</b>	4 x 8	<b>35</b>	8 x 2	<b>51</b>	Pai 6
<b>4</b>	1 x 5	<b>20</b>	4 x 9	<b>36</b>	8 x 9	<b>52</b>	Pai 7
<b>5</b>	1 x 6	<b>21</b>	5 x 6	<b>37</b>	8 x 10	<b>53</b>	Pai 8
<b>6</b>	2 x 3	<b>22</b>	5 x 7	<b>38</b>	9 x 1	<b>54</b>	Pai 9
<b>7</b>	2 x 4	<b>23</b>	5 x 8	<b>39</b>	9 x 2	<b>55</b>	Pai 10
<b>8</b>	2 x 5	<b>24</b>	5 x 9	<b>40</b>	9 x 3	<b>56</b>	Testemunha
<b>9</b>	2 x 6	<b>25</b>	5 x 10	<b>41</b>	9 x 10	<b>57</b>	Testemunha
<b>10</b>	2 x 7	<b>26</b>	6 x 7	<b>42</b>	10 x 1	<b>58</b>	Testemunha
<b>11</b>	3 x 4	<b>27</b>	6 x 8	<b>43</b>	10 x 2	<b>59</b>	Testemunha
<b>12</b>	3 x 5	<b>28</b>	6 x 9	<b>44</b>	10 x 3	<b>60</b>	Testemunha
<b>13</b>	3 x 6	<b>29</b>	6 x 10	<b>45</b>	10 x 4	<b>61</b>	Testemunha
<b>14</b>	3 x 7	<b>30</b>	7 x 1	46	Pai 1	<b>62</b>	Testemunha
<b>15</b>	3 x 8	<b>31</b>	7 x 8	<b>47</b>	Pai 2	<b>63</b>	Testemunha
<b>16</b>	4 x 5	<b>32</b>	7 x 9	<b>48</b>	Pai 3	<b>64</b>	Testemunha

Na tabela 2 os primeiros 45 tratamentos são híbridos que foram gerados a partir do cruzamento dialélico entre as 10 linhagens parentais, do tratamento 46 ao 55 estão dispostas as 10 linhagens parentais e no tratamento 56 ao 64 as 9 cultivares testemunhas.

Para estes experimentos, a produção de mudas foi realizada no centro de melhoramento de Tabaco da BAT Brasil em Rio Negro - PR, para os experimentos 1, 2, e 3 a sementeira foi realizada na segunda quinzena de maio e próximo ao dia do transplante, na segunda quinzena de agosto, época normal de plantio de Tabaco Dark, elas foram transportadas para o local de plantio. Para o local 4 em Mafra a sementeira foi realizada na primeira quinzena de julho e o transplante na segunda quinzena de setembro.

O experimento foi instalado em área isenta de doenças e manchas de solo, com as recomendações agrônomicas da empresa, espaçamento 1,35 metros entre linhas por 0,70 metros entre plantas (10.582 plantas/ha), bordadura constituídas pelas cultivares Dark O.S. e BAT 8001 nas laterais dos experimentos e no início e no fim de cada experimento.

As correções e adubações de solo foram recomendadas de acordo com as análises de solo (TABELA 3) e seguindo as recomendações da empresa, sendo utilizado 550kg/ha do adubo 10-16-10 para adubação de base. Foram realizadas três coberturas com ureia (45-00-00), com 15, 30 e 45 dias após o transplante, cada cobertura foi de 150kg/ha.

O desponte (capação) foi realizado entre 75 a 90 dias após o transplântio, de acordo com o potencial produtivo de cada tratamento, deixando as plantas com 25 folhas em média. Nesse momento foi realizado apenas a colheita e peso verde das parcelas quando elas atingiram o ponto de ideal de maturação, em torno de 25 a 30 dias após a capação. Não foi realizada a cura dos tratamentos. A colheita deste tipo de Tabaco é realizada colhendo toda a planta em uma única vez, neste caso sendo pesado somente as folhas verdes.

As características que foram avaliadas nesses experimentos foram: alcalóides totais (%) e peso de folhas verdes (produtividade kg/ha).

Tabela 3- Dados das análises de solos dos 4 produtores onde foram instalados os experimentos de avaliação dialélica do Tabaco Dark.

Elementos	Produtor 1	Produtor 2	Produtor 3	Fazenda BAT Brasil
Cálcio-Cmol/dm <sup>3</sup>	6,74	6,74	8,57	5,85
Magnésio-Cmol/dm <sup>3</sup>	2,46	2,49	3,59	2,83
Potássio-Cmol/dm <sup>3</sup>	0,28	0,28	0,75	0,5
Alumínio-Cmol/dm <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
Fósforo-Cmol/dm <sup>3</sup>	16,83	16,83	32,07	11,18
Matéria orgânica-%	3,03%	2,3%	2,51%	1,82%
Saturação de bases-%	63,93%	63,09%	75,10%	63,18%
Areia-%	18,75%	18,75%	17,50%	60%
Silte-%	18,75%	18,75%	18,75%	13,75%
Argila-%	62,50	62,50	63,75	26,25
K-%	1,93	1,89	4,36	3,44
Ca-%	45,55	45,45	49,85	40,26
Mg-%	16,7	16,59	20,88	19,48
H-%	35,08	36,08	24,90	36,82
Al-%	0	0	0	0
PH em água-mg/dm <sup>3</sup>	5,6	5,6	6,00	5,60
PH SMP-mg/dm <sup>3</sup>	5,9	5,9	6,20	5,90
PH CaCl-mg/dm <sup>3</sup>	5	6	5,40	5,00

### 3.3 Análises estatísticas

Primeiramente, foram obtidas as estimativas dos índices de seleção. Para o índice Z, as variáveis foram primeiramente padronizadas por parcela tomando como referência a repetição.

Utilizou-se a seguinte estimativa:

$$Z_{ijl}^k = \frac{X_{ijl}^k - \bar{X}^k}{\sigma_{jl}^k}$$

Onde;

$Z_{ijl}$  é a variável padronizada da parcela  $i$ , na repetição  $j$ , no local  $l$ ;

Para característica  $k$ ;  $X_{ijl}$  é a observação da parcela  $i$ , na repetição  $j$ , no local  $l$ ;

Para a característica  $k$ ;  $\bar{X}_{jl}$  é a média geral das parcelas da repetição  $j$ , no local  $l$ ;

Para característica  $k$ ;  $\sigma_{jk}$  é o desvio padrão da repetição  $j$ , no local  $l$ , para característica  $k$ .

Para as duas características avaliadas, alcalóides e peso verde quanto maior o valor do índice, melhor. Neste momento, foi atribuído um peso a cada característica com base em sua importância econômica e comercial, que foi de 70% para peso verde, 30% para alcalóides. As variáveis foram então somadas para cada observação para obtenção do índice soma das variáveis padronizadas (SVP). Em seguida foi adicionado o valor da constante '5', para transformar os números em valores positivos e ser possível realizar as análises de variância e dialética. Posteriormente, foi testado eficiência do látice,  $EL=(QME_{\text{látice}}/QME_{\text{DBC}})$  como foi não significativo, sendo o experimento analisado em delineamento blocos ao acaso (DBC).

Logo após, os índices foram submetidos à análise de variância por local e em seguida foi realizado a análise conjunta. Banzatto & Kronka (1989), Pimentel Gomes (2000), Barbin (2003), entre outros, consideram o modelo matemático para um experimento em blocos ao acaso como:

A análise de variância (ANAVA) por local, foi realizada considerando o seguinte modelo estatístico:

Sendo:

$$Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

Em que

$Y_{ij}$ : observação do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo bloco;

$m$ : média geral dos tratamentos;

$t_i$ : efeito do  $i$ -ésimo genótipo (tratamento);

$b_j$ : efeito do  $j$ -ésimo bloco (repetição);

$e_{ij}$ : erro experimental. Assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma^2_e$ .

Tabela 4- Esquema da ANAVA, apresentando as esperanças dos quadrados médios para cada local avaliado, no delineamento blocos casualizados.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	E(QM)	Fcalc
Tratamentos	I - 1	$S_1$	$Q_1 = \frac{S_1}{I - 1}$	$\sigma_e^2 + J\sigma_t^2$	$\frac{Q_1}{Q_3}$
Blocos	J - 1	$S_2$	$Q_2 = \frac{S_2}{J - 1}$	$\sigma_e^2 + I\sigma_b^2$	
Resíduo	(I - 1)(J - 1)	$S_3$	$Q_3 = \frac{S_3}{(I - 1)(J - 1)}$	$\sigma_e^2$	

sendo:

i: número de tratamentos (genótipos) = 64;

j: blocos 3 (repetições);

A análise conjunta de um grupo de experimentos possibilita uma visão ampla de mais de um experimento em uma única avaliação para que se possa tirar conclusões abrangentes. Barbin (2003) entre outros, adotam o seguinte modelo matemático para se analisar um grupo de experimentos em blocos ao acaso:

Sendo:

$$y_{ikj} = m + t_i + l_k + b_{j(k)} + tl_{ik} + e_{ikj}$$

Sendo:

$y_{ikj}$ : valor observado na parcela que recebeu o tratamento i, local k e bloco j;

m: média geral;

$t_i$ : é o efeito da cultivar i

$l_k$ : é o efeito do local k

$b_{j(k)}$ : é o efeito do bloco j dentro do local k

$tl_{ik}$ : é o efeito da interação tratamento i e locais k;

$e_{ikj}$ : erro experimental. Assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma_e^2$ .

A análise de variância conjunta (ANAVA) foi realizada segundo o esquema contido na Tabela 5:

Tabela 5 - Esquema da ANAVA conjunta, apresentando as esperanças dos quadrados médios para todos os locais avaliados, no delineamento blocos casualizados.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	E(QM)	Fcalc
Tratamentos (T)	I - 1	S <sub>4</sub>	$Q_4 = \frac{S_4}{I - 1}$	$\sigma_e^2 + J\sigma_{tl}^2 + KJ\sigma_t^2$	$\frac{Q_4}{Q_7}$
Blocos d. Locais	K(J-1)	S <sub>5</sub>	$Q_5 = \frac{S_5}{K(J - 1)}$	$\sigma_e^2 + I\sigma_{b(l)}^2$	$\frac{Q_5}{Q_7}$
Locais (L)	K-1	S <sub>6</sub>	$Q_6 = \frac{S_6}{K - 1}$	$\sigma_e^2 + J\sigma_{tl}^2 + I\sigma_{b(l)}^2 + IJ\sigma_l^2$	$\frac{Q_6}{Q_7}$
Interação T × L	(I-1)(K-1)	S <sub>7</sub>	$Q_7 = \frac{S_7}{(I - 1)(K - 1)}$	$\sigma_e^2 + J\sigma_{tl}^2$	$\frac{Q_7}{QME}$
Resíduo	K(I-1)(J-1)	S <sub>8</sub>	QME	$\sigma_e^2$	

I: número de tratamentos;

K: número de locais onde se repetiu o mesmo experimento;

J: número de blocos por local;

Existem algumas alternativas para comparar e avaliar a precisão experimental. A mais empregada, ao longo do tempo, é a estimativa do coeficiente de variação experimental ( $CV_e$ ). É uma medida do erro em relação à média do experimento, e é obtido pela expressão:

$$CV_e = \frac{\sqrt{QME}}{m} \times 100,$$

Em que:

QME: é o quadrado médio do erro experimental

m: a média geral do experimento.

Já à acurácia seletiva ( $\hat{r}_{gg}$ ), esse parâmetro refere-se à correlação entre valor e genotípico verdadeiro do material genético e aquele estimado ou predito a partir das informações dos experimentos de campo. A acurácia é tanto mais alta quanto menores forem os desvios absolutos entre os valores genéticos paramétricos ou verdadeiros e os valores genéticos estimados ou preditos.

$$\hat{r}_{gg} = \sqrt{1 - \frac{1}{F}}$$

A análise dialélica foi calculada para híbridos, pais e testemunhas adotando o modelo II de Griffing (1956), por local. O modelo utilizado na análise por local foi:

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij}$$

Em que

$Y_{ij}$ : é o valor médio da combinação híbrida ( $i \neq j$ );

$m$ : é a média geral;

$g_i$  e  $g_j$ : são os efeitos da capacidade de combinação do  $i$ -ésimo e  $j$ -ésimo genitor, respectivamente;

$s_{ij}$ : é o efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem  $i$  e  $j$ ;

$e_{ij}$ : erro experimental. Assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma^2_e$ .

A capacidade de geral de combinação, como já conceituada refere-se à performance média do genitor em combinações híbridas, em que:

$$CGC = \hat{g}_i = \bar{Y}_{1.} - \bar{Y}_{..}$$

$\bar{Y}_{1.}$ : é a média das combinações de cada genitor ( $\hat{g}_i$ )

$\bar{Y}_{..}$ : é a média do experimento.

A capacidade específica de combinação (CEC), refere-se as combinações em que os híbridos se mostram relativamente melhores ou piores do que poderia ser esperado com base no desempenho médio dos genitores. Ou seja, quando o comportamento do híbrido não pode ser explicado apenas pela CGC dos genitores. Em que:

$$CEC = S_{ij} = \bar{Y}_{ij} - g_i - g_j - \bar{Y}_{..}$$

$\bar{Y}_{ij}$ : é o valor médio da combinação híbrida ( $ij$ );

$g_i$ : CGC do genótipo  $i$ ;

$g_j$ : CGC do genótipo  $j$ ;

$\bar{Y}_{..}$ : é a média do experimento.

Para a análise dialélica conjunta o modelo utilizado foi:

$$Y_{ijl} = m + a_l + g_i + g_j + s_{ij} + (ag)_{il} + (ag)_{jl} + (as)_{ijl} + e_{ijl}$$

Em que

$Y_{ijl}$ : é o valor médio da combinação híbrida  $ij$  no local  $l$ ;

$m$ : é a média geral;

$a_l$ : efeito fixo do local  $l$ ;

$g_i$  e  $g_j$  são os efeitos da capacidade de combinação do  $i$ -ésimo e  $j$ -ésimo genitor, respectivamente;

$s_{ij}$  é o efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem  $i$  e  $j$ ;

$(ag)_{il}$ ,  $(ag)_{jl}$  é o efeito fixo da interação entre a capacidade geral de combinação x locais;

$(as)_{ij}$ : é o efeito fixo da interação entre a capacidade específica de combinação x locais;

$e_{ij}$ : erro experimental. Assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma^2_e$ .

A heterose foi calculada utilizando as médias ajustadas dos tratamentos envolvidos no dialelo. A heterose média é obtida por:

$$\bar{h}(\%) = (\bar{H} - \bar{P})/\bar{P} \times 100.$$

E heterose específica, ou seja, de cada combinação híbrida, por:

$$h_{ij} = F_1 - (P_1 + P_2/2)/(P_1 + P_2/2) \times 100.$$

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo de qualquer programa de melhoramento vegetal é obter cultivares que atendam às exigências dos agricultores, da indústria e consumidores, ou seja, os melhoristas devem observar várias características. Nessa condição, aplicar um índice seria o método mais eficiente para seleção simultânea de várias características (RESENDE; SILVA; AZEVEDO, 2014; YAN; FRÉGEAU-REID, 2008).

Quando estabelecendo os índices, uma decisão importante é a escolha de pesos para cada características (YAN; FRÉGEAU-REID, 2008, BERNARDO, 2010). No caso do tabaco, a produção é extremamente importante, pois os produtores de Tabaco Dark têm se esforçado para aumentar sua renda e uma das formas para atingir esse objetivo é aumentar a quantidade de Tabaco produzido por hectare.

Outra característica muito importante no Tabaco Dark é a quantidade de alcalóides totais (Nicotina). O Tabaco Dark e destinado a confecção de sachês de liberação gradativa de nicotina sendo os valores médios em torno de 3,5% a 4,5%. É importante ressaltar que essa faixa é média, uma vez que as taxas alcalóides podem variar dependendo das posições da folha na planta e do nível de maturidade na colheita (RAMSEY, et al, 2019; DAVIS; NIELSON, 1999).

Conforme já descrito nos materiais e métodos, dados de produtividade (peso verde), e alcalóides totais (% químicos de cada parcela), foram padronizados para um índice individual por parcela. Em seguida foi determinado os seguintes pesos para cada características 70% produtividade (peso verde) e 30% alcaloides totais, somando as duas características para formar SVP. Para que pudesse ser realizada a análise de variância ao índice foi somando a constante de 5 para todas as parcelas.

Tabela 6 - Resumo das análises variância do  $\Sigma Z$ , por local . Dados obtidos no cruzamento dialélico envolvendo dez genitores do grupo varietal Dark.

Fonte de variação	GL	Local 1	Local 2	Local 3	Local 4
		Q.M.	Q.M.	Q.M.	Q.M.
<b>Tratamento (T)</b>	63	0,87***	0,84***	0,90***	1,14***
<b>Repetição (R)</b>	2	0	0	0	0
<b>Resíduo</b>	126	0,19	0,12	0,19	0,20
<b>CGC</b>	9	0,85***	1,04***	0,59***	0,44***
<b>CEC</b>	44	0,08***	0,06***	0,06	0,07 ***
<b>Erro</b>	106	0,05	0,03	0,05	0,05
<b>Acurácia (<math>\hat{r}_{gg}</math>)</b>		88 %	93 %	88 %	90 %
<b>Coefficiente de Variação (CV)</b>		8,7 %	6,9 %	8,7 %	9 %
<b>Média locais</b>		5	5	5	5

Significativo em 5% (\*\*\*) e 10% (\*) de probabilidade pelo teste F.

A maior estimativa do coeficiente de variação experimental (CV) foi no local quatro, 9% (TABELA 6). Segundo Pimentel Gomes (1990), nos experimentos conduzidos no campo, se o CV for inferior a 10%, o experimento tem alta precisão. Adicionalmente as estimativas da acurácia seletiva foram superiores a 88%, podendo ser consideradas de alta magnitude, comprovando a boa precisão experimental (RESENDE; DUARTE, 2007).

As médias do índice de cada experimento/local não tiveram variações entre elas pois quando os valores são padronizados, o valor do índice para cada experimento deve ser os desvios em relação a zero, e neste caso como foi somado a constante 5, ficam todas iguais.

Detectou-se, para todos os ambientes, a existência de diferenças significativas ( $P \leq 0,01$ ) entre os tratamentos. Na análise dialélica por local tanto a fonte de variação CGC ou CEC foram significativas, exceto para o local 3 em que a CEC foi não significativa. Esse resultado evidencia que tanto os efeitos aditivos como os não aditivos têm influência sobre o controle da manifestação fenotípicas das duas características. Contudo, a contribuição da CGC para a soma de quadrados totais sempre foi superior a CEC, indicando a predominância dos efeitos aditivos, o que já é comum em plantas autógamas.

Na tabela 7 as análises conjuntas foram observadas diferenças significativas ( $P \leq 0,01$ ) entre os tratamentos. No desdobramento da fonte de variação (FV) tratamentos constatou-se que as FV híbridos (H), parentais (P), testemunhas (C), e os contrastes (H+P) vs C e H vs P foram significativas ( $P \leq 0,01$ ) (TABELA 7). Observou-se também diferença significativa ( $P \leq 0,01$ ), para as interações tratamentos x locais (TxL) e híbridos x locais (HxL). Isso indica que o desempenho dos tratamentos e dos híbridos foi não coincidente entre os locais.

Os produtores do Tabaco Dark estão concentrados em uma região bem delimitada, a chance de uma ou duas cultivares atenderem a maioria dos produtores aumenta. Assim a melhor opção para mitigar o efeito da interação é a seleção com base na média dos ambientes (DUDLEY, 1997; FERREIRA et al., 2015; LIMA et al.,2014). Por essa razão a apresentação dos resultados e discussão será focada nas médias dos ambientes.

Tabela 7 - Resumo da análise da variância conjunta dos locais para o  $\sum Z$ . Dados obtidos no cruzamento dialelo envolvendo dez genitores do grupo varietal Dark.

Fonte de variação	GL	QM
Locais (L)	3	0
Repetição /L	8	0
Tratamento (T)	63	3,49***
Híbridos (H)	44	1,33***
Pais (P)	9	2,26***
Testemunha (C)	8	0,82***
(H+P) vs C	1	99,88***
H vs P	1	34,53***
T x L	189	0,21***
H x L	132	0,19***
P x L	27	0,19
C x L	24	0,21
Resíduos	504	0,14
CGC	9	4,65***
CEC	44	0,97***
CGC x L	27	0,29***
CEC x L	132	0,17 *
Resíduos	432	0,14
<b>CGC/CEC</b>		<b>4,79</b>
<b>Média dos locais</b>		<b>5</b>
<b>Média híbridos</b>		<b>5,20</b>
<b>Média dos pais</b>		<b>4,94</b>
<b>Média das testemunhas</b>		<b>4,08</b>
<b>C.V.</b>		<b>7,4%</b>

Significativo em 1% (\*\*\*) , 5% (\*\*) e 10% (\*) de probabilidade pelo teste F.

As linhagens (pais) escolhidas são produto de vários anos de melhoramento da empresa. É possível observar que o programa de melhoramento tem sido bem sucedido na empresa, pois a média dos tratamentos do dialelo, híbridos e linhagens per se (H+P), foi superior à média das testemunhas (C), sendo que as testemunhas são cultivares do Tabaco Dark, incluindo o Dark O.S.

O contraste H vs P indica que a heterose média foi diferente de zero para o índice de seleção. Embora significativa, a média de heterose foi de média/baixa magnitude para o índice 5,2% (TABELA 7).

Os resultados da análise dialélica conjunta revelaram diferenças significativas a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ) para CGC e CEC. Os quadrados médios significativos para ambas as capacidades combinatórias indicam a existência de variabilidade entre os efeitos da CGC, associados a efeitos gênicos aditivos e entre os efeitos da CEC, associados a efeitos não-aditivos (TABELA 7).

A significância da CGC permite inferir que as linhagens contribuíram diferentemente nos cruzamentos nas quais estavam envolvidas. Por outro lado, a variabilidade entre os efeitos da CEC indica que existem combinações híbridas que tiveram performance diferente do que era esperado somente com base nos efeitos da CGC.

Em todos os locais, a CGC foi maior do que a CEC (TABELA 6), indicando uma maior participação da ação gênica aditiva no controle dos caracteres. A predominância da ação gênica aditiva no controle do rendimento de Tabaco e seus componentes também foi verificada por Carvalho (2016), para Tabaco Virginia. Contudo, não foi encontrado nenhuma referência da contribuição relativa de CGC em relação a CEC utilizando um índice como foi realizado nesse trabalho.

A seleção de genitores para representarem os blocos de cruzamentos é um aspecto de extrema importância nos programas de melhoramento, visto que será o ponto de partida para obtenção de novas cultivares. Conforme Miranda et al. (1988), são preferíveis os genitores com as mais altas CGC para constituírem as novas populações, favorecendo a seleção de linhagens homozigóticas, no caso de plantas autógamas.

De acordo com Cruz & Regazzi (1997), a obtenção de uma estimativa para  $g_i$ , positiva ou negativa, muito baixa, indica que a CGC do genitor com base em seus cruzamentos não difere da média geral. Porém, quando as estimativas de  $g_i$ , positivas ou negativas, são elevadas, o genitor em questão é muito superior ou inferior aos demais genitores do dialelo.

Para o índice, pode ser verificado, pelas estimativas dos efeitos da CGC, que somente as linhagem parental 1, 3 e 4 (TABELA 8) apresentaram estimativas positivas e elevadas, o que indicar uma possível contribuição no aumento do índice (produtividade e ALK). Entre os três genitores, as linhagens parentais 1 e 4 apresentaram a melhor CGC (0,23), evidenciando seu maior potencial para incremento do índice e sugerindo sua utilização nos cruzamentos de novas populações do programa de melhoramento de Tabaco Dark. A linhagem parental 6 foi o que

apresentou a menor CGC de (-0,35) (TABELA 8) para o índice, valores negativos e indicando inferioridade em relação aos demais e sugerindo que sua utilização em cruzamentos provavelmente não resultará em progênes superiores.

Tabela 8 – Capacidade específica de combinação dos híbridos conforme o  $\sum Z$  abaixo da diagonal, capacidade geral de combinação na diagonal. Dados baseados na média de 4 locais.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,23									
2	0,13	0,03								
3	0,02	0,01	0,12							
4	0,16	0,07	-0,06	0,23						
5	0,22	0,11	0,34	0,03	0,04					
6	-0,13	-0,19	0,09	-0,14	-0,17	-0,35				
7	-0,10	0,18	0,07	0,00	0,05	-0,14	0,01			
8	0,11	0,03	0,31	0,03	-0,12	-0,03	-0,01	-0,08		
9	-0,10	-0,02	0,06	0,04	0,31	0,19	0,02	-0,05	0,05	
10	-0,10	-0,02	-0,28	-0,03	0,29	0,33	0,16	0,07	-0,22	-0,29

De acordo com Cruz & Regazzi (1997), o efeito da CEC é interpretado como o desvio do híbrido em relação ao que seria esperado com base na CGC de seus genitores. Deste modo, baixos valores apresentados de  $S_{ij}$  indicam que os híbridos apresentam um comportamento conforme o esperado com base nos valores da CGC, enquanto altos valores absolutos de  $S_{ij}$  indicam um desempenho melhor do que o esperado. As estimativas de  $S_{ij}$  evidenciam a importância dos genes com efeitos não-aditivos.

Na tabela 8 o maior efeito da CEC foi observado nos híbridos 3x5 (0,34) e 6x10 (0,33). O híbrido 1x4, reuniu as linhagens parentais com a melhor CGC e com efeito de CEC de 0,16 quando observado na tabela 8, indicando ser uma boa opção na escolha de genitores.

Fica claro a importância para os melhoristas de tabaco que devem produzir primeiramente boas linhagens, isto é, que tenham bom desempenho “per se” para depois, por meio de cruzamentos dialélicos identificar as melhores combinações. Segundo Ginkel e Ortiz (2018) a chance de sucesso é muito maior quando é realizado o cruzamento entre as melhores linhagens. Isso é fácil de explicar pois a média da geração F1 é função da média dos pais e da capacidade de combinação entre elas, ou seja, da heterose.

O uso de cultivares híbridos em tabaco tem aumentado ao longo do tempo (RAMSEY, et al, 2019). Carvalho (2016), demonstra em seu trabalho a heterose para o grupo varietal Virginia com níveis de heterose superiores a 10%, e possíveis utilização de híbridos para combinação de características. Para o Tabaco Dark não foram encontrados trabalhos na

literatura, desconhecendo a magnitude da heterose para este grupo varietal, uma vez que a heterose é estimada pela superioridade da geração F1 em comparação com a média dos pais (SHULL, 1908; HALLAUER; CARENA; MIRANDA FILHO, 2010).

Para explicar a heterose Falconer; Mackay (1996) observaram que ela é a função da diferença das frequências alélicas ( $y$ ) entre os genitores e da contribuição dos locos em heterozigose em relação a média dos homozigotos ( $d$ ), ou seja,  $h=dy^2$ . Essa expressão denota que, para que a heterose ocorra, deve haver dominância na expressão da característica e o pai deve ser divergente. O questionamento inicial dos pesquisadores era se apenas a dominância era necessária para que a heterose ocorresse, ou se havia, vantagem do heterozigoto em relação ao homozigoto. A dúvida ainda persiste (BARANWAL et al., 2012; CROW, 1999, LI et al., 2008).

Outras explicações para a ocorrência de heterose surgiram, tais como: presença de epistasia (LI et al., 2001; LUO et al., 2001; SCHENELL; COCKERHAM, 1992); complementaridade do genoma (FU; DOONER, 2002; SCHNABLE; SPRINGER, 2013); e até fatores epigenéticos (CHEN, 2010, 2013; TSAFTARIS et al., 2005). No entanto, todas essas hipóteses apontam para a necessidade de identificar linhas dos pais que são complementares. Portanto, para a máxima vantagem com o uso de híbridos nos programas de melhoramento, a capacidade de combinação deve ser avaliada das linhas superiores disponíveis.

Nesse trabalho, primeiramente a heterose média foi estimada para cada característica que contribuiu com o índice. Para o grupo de híbridos estudado a estimativa média de heterose para peso verde foi de 8,5% e para alcalóides totais -2,5%. Como o objetivo no melhoramento, desse grupo varietal de tabaco, é ter média a mais alta possível para os dois caracteres o emprego do índice fica plenamente justificada.

O peso verde (produtividade) média das linhagens pais foi de 23,6 kg/parcela, correspondendo a 2400kg/ha, a combinação entre os pais teve uma heterose média positiva 8,5% e a média dos 45 híbridos ficou em 25,6 kg/parcela que corresponde a 2700kg/ha. Também pode se inferir que como a heterose média foi de 8,5% é possível identificar, como será comentado posteriormente, combinações híbridas cuja heterose foi maior que esse valor. Essa contribuição da heterose é de grande importância para a empresa pois compensa plenamente o trabalho para inserir a macho esterilidade, e realizar os cruzamentos visando a obtenção dos híbridos. Além do mais protege também a identidade das linhagens parentais naturalmente. As nove testemunhas ficaram com a média de 16,1 kg/parcela que corresponde

a 1700 kg/ha, esta diferença entre as médias das testemunhas/híbridos comprova a eficiência do programa de melhoramento da empresa, acréscimo 60% do híbrido perante as testemunhas.

Tabela 9 – Médias dos híbridos para Produtividade acima da diagonal, produtividade das linhagens parentais na diagonal e heterose para produtividade abaixo da diagonal. Dados baseados na média de 4 locais.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	27,20	28,21	28,15	30,63	28,98	21,41	25,45	28,42	28,38	25,26
2	10,42	23,90	26,57	29,35	25,96	20,22	25,74	25,63	27,41	24,20
3	8,03	8,89	23,90	29,18	27,52	22,69	25,80	27,82	28,21	23,25
4	9,84	11,86	9,12	28,57	27,62	22,58	26,66	27,27	28,63	26,77
5	15,18	10,40	14,60	6,86	23,13	21,28	24,06	25,11	28,29	25,50
6	-0,04	2,28	11,92	2,14	9,77	15,64	18,94	20,08	22,76	21,64
7	4,25	13,10	10,90	6,23	7,53	1,63	21,62	25,74	26,20	24,32
8	11,30	7,35	14,09	4,02	6,90	1,68	13,18	23,86	25,93	24,44
9	7,26	10,49	11,45	5,49	15,87	10,07	10,74	4,62	25,71	23,94
10	4,06	6,96	0,53	7,25	14,67	17,00	13,19	8,10	1,75	21,35

Observa-se na tabela 9 que a combinação da linhagem 1x4 apresentou a maior média para produtividade, 30,6 kg/parcela. Veja, contudo que a estimativa da heterose não foi a maior para essa combinação, embora tenha ficado acima da média (9,8%). A linhagem 4 foi a que apresentou maior média 'per se' 28,6 kg/parcela.

Os dois híbridos com a maior heterose foram as a combinações das linhagens 6x10 com 17% e 5x9 com 15,87%, a combinação 6x10 teve a maior heterose para produtividade, porém ficou agrupado no grupo D, (últimas posições) utilizando o índice (FIGURA 1), já a combinação 5x9 ficou com a segunda maior heterose e no grupo A (FIGURA 1). Somente um híbrido teve heterose negativa ou nula, combinação 1x6 -0,04% agrupados no grupo D para o índice. Fica claro que a estimativa da heterose em porcentagem da média dos pais não ajuda muito. A decisão deve ser tomada com a média do híbrido que envolve como já foi dito o desempenho das linhagens per se e a heterose.

Para os alcalóides (TABELA 10) a heterose média foi negativa, como já comentado. A média de ALK dos pais (3,14%), foi superior à dos híbridos (3,06%), indicando que quando o cruzamento foi realizado o híbrido perdeu em torno de -2,54% de ALK na média. As 9 testemunhas ficaram com teores de alcalóides médios de 3,50%.

A estimativa da correlação entre alcalóides e a produtividades foi negativa  $r = 0,66$ . Para confirmar esta suspeita foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson entre a produtividade e ALK. A correlação foi negativa em - 66%, de modo que essa correlação é

desfavorável ao melhorista, uma vez que se tem a necessidade de produzir híbridos com alta produtividade e altos percentuais de alcalóides, mas isso não impede que linhas/híbridos com ALK altos e produtividade elevada sejam obtidos, pois a magnitude da estimativa de correlação foi média.

Tabela 10 - Médias dos híbridos para alcalóides acima da diagonal, alcalóides das linhagens parentais na diagonal e heterose para alcalóides abaixo da diagonal. Dados baseados na média de 4 locais.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3,12	3,01	3,04	2,87	3,08	3,65	3,30	2,75	2,63	2,82
2	-2,87	3,09	3,07	2,69	3,23	3,43	3,39	2,94	2,64	2,85
3	-7,17	-5,63	3,43	2,58	3,42	3,52	3,31	3,08	2,80	2,79
4	-4,93	-10,37	-18,54	2,92	3,03	3,30	3,19	2,90	2,83	2,53
5	-3,89	1,50	1,84	-2,23	3,28	3,21	3,58	2,87	3,03	3,12
6	1,89	-3,70	-5,78	-5,32	-12,26	4,05	3,88	3,64	3,54	3,55
7	-2,57	0,60	-6,50	-2,90	3,25	0,60	3,66	2,77	3,01	3,10
8	-2,75	4,84	3,48	6,47	-1,29	10,85	-10,44	2,53	2,54	2,76
9	-8,76	-7,96	-7,81	1,79	2,23	5,91	-4,59	-1,70	2,56	2,56
10	-2,87	-1,40	-8,83	-9,71	4,51	5,23	-2,52	5,56	-4,16	2,69

As linhagens parentais com as melhores médias de ALK foram linhagem 6 (4,0%) e 7 (3,6%), que quando cruzados geraram o híbrido 7x6, este híbrido teve a melhor média de ALK 3,88%, porém heterose baixa ou quase nula 0,60% (TABELA 10), associando esta característica aos efeitos gênicos aditivos.

Na média os ALK dos híbridos diminuíram (heterose negativa), mas houve casos isolados com valores superiores aos pais. Os dois híbridos com a melhor heterose foram as combinações 6x8 com 3,6% de ALK e heterose de 10,85% e 4x8 com 2,90% de ALK e 6,47% de heterose (TABELA 10). O pior índice de heterose ficou para o híbrido 3x4 -18,54%, porém ele ficou agrupado no grupo A pelo índice (FIGURA 1).

Tabela 11 - Médias dos híbridos para a acima da diagonal, índice das linhagens parentais na diagonal e heterose para o índice abaixo da diagonal. Dados baseados na média de 4 locais. Valores com a utilização do índice.

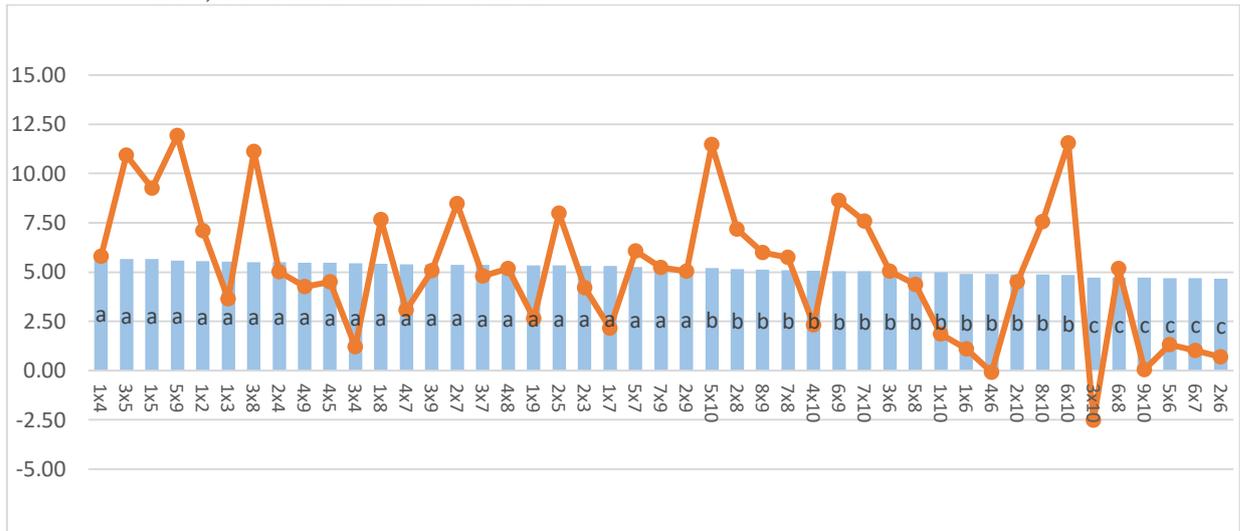
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5,41	5,55	5,54	5,78	5,66	4,91	5,30	5,42	5,35	5,00
2	7,10	4,94	5,32	5,49	5,34	4,65	5,38	5,14	5,23	4,88
3	3,65	4,20	5,27	5,46	5,67	5,02	5,37	5,51	5,40	4,71
4	5,81	5,03	1,22	5,52	5,47	4,90	5,41	5,35	5,49	5,07
5	9,25	7,99	10,94	4,51	4,95	4,69	5,26	5,01	5,57	5,21
6	1,09	0,68	5,05	-0,09	1,30	4,30	4,68	4,71	5,06	4,85
7	2,15	8,48	4,79	3,07	6,07	1,03	4,97	5,09	5,25	5,04
8	7,68	7,17	11,11	5,17	4,38	5,17	5,73	4,66	5,12	4,87
9	2,64	5,05	5,07	4,26	11,92	8,63	5,24	5,99	5,01	4,71
10	1,86	4,52	-2,53	2,33	11,48	11,56	7,57	7,56	0,06	4,40

Quando observado na tabela 11 a heterose média para o índice ficou em 5,18%, sendo que o híbrido 1x4 ficou com o melhor índice para SVP e sua heterose média foi de 5,81%. Na figura 1 é possível observar que o híbrido com o melhor índice SVP não possui a melhor heterose. Porém neste gráfico fica evidente a contribuição da heterose para o Tabaco Dark.

Para os 64 tratamentos após a análise conjunta, foi realizado o teste de Scott Knott (1974) para o índice (SVP) com 5% de probabilidade. Na figura 1 estão os 45 híbridos que foram divididos em 3 grupos. Ainda nesta figura 01 a linha laranja demonstra a contribuição da heterose para cada híbrido. Já na figura 2 estão demonstradas as linhagens parentais e as testemunhas.

No gráfico é possível visualizar que os 24 híbridos com maior SVP foram agrupados, no mesmo grupo (FIGURA 1). Na outra extremidade ficaram os piores híbridos com os menores índices, o terceiro agrupamento, grupo C é composto por 6 híbridos, para estes híbridos a heterose foi baixa, menor que 5%. No grupo C a linhagem parental 6 está envolvida na maioria dos cruzamentos deste grupo, e quando comparado na tabela 8, identifica-se que a menor CGC (-0,35) foi estimada para esta linhagem parental.

Figura 1 - Heterose do índice e agrupamentos dos híbridos pelo método SCOTT & KNOTT, 1974, considerando os 4 locais.



\*Em azul a média dos híbridos para o índice  $\sum Z$ , os híbridos com médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste Scott & Knott de 5% de probabilidade de erro. Em laranja a heterose do índice para cada híbrido.

Na figura 1 as estimativas específicas de heterose revelam que há uma enorme variação entre os híbridos para cada característica, e algumas delas combinam perfeitamente, por exemplo, para a produtividade, as duas melhores linhagens per se foram os linhagens 1 e 4, quando cruzados geram o híbrido 1x4, este híbrido teve a maior produtividade e o melhor índice SVP. Já o híbrido 5x9 ficou com a melhor heterose para SVP e ficou no agrupamento 'A'.

A figura 2 contém o agrupamento das linhagens parentais e testemunhas para o índice SVP pelo teste Scott & Knott de 5% de probabilidade. As linhagens parentais foram divididas entre 4 grupos. Quatro linhagens parentais foram agrupadas no grupo 'A' junto com os híbridos de alta performance evidenciando a capacidade do programa de melhoramento em desenvolver boas linhagens. As testemunhas, incluído Dark O.S. ficaram dispostas nos últimos dois grupos 'D e E'. Este fato mostra que o programa de melhoramento de Tabaco deve se concentrar na seleção de linhas com bom desempenho per se e em estágios avançados, identificar aqueles que se complementam melhor, ou seja, obter as melhores combinações híbridas.

Figura 2 Agrupamentos das linhagens parentais e testemunhas pelo método SCOTT & KNOTT, 1974, considerando os 4 locais.



\*Em azul a média das linhagens parentais e testemunhas para o índice  $\sum Z$ , as linhagens e testemunhas com médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste Scott & Knott de 5% de probabilidade de erro

A heterose em plantas autógamas normalmente não é da mesma magnitude observada em plantas alógamas (BERNARDO, 2010; CHEN, 2010). Nas espécies autógamas, uma vez que a autopolinização ocorre naturalmente, provavelmente com a evolução das espécies, a frequência de alelos deletérios foi reduzida. (ALLARD, 1999; BERNARDO, 2014). Como consequência, a endogamia é baixa, perto de zero. A média de heterose obtida no presente estudo é de magnitude semelhante à relatada em outras espécies autogâmicas, como a soja (BURTON; BROWNIE, 2006), arroz (LI et al., 2008) e trigo (KRYSTKOWIAK et al., 2009).

Segundo Fehr, (1987), comercialização de híbridos só é viável quando pode ser produzida a um custo consistente com o desempenho do híbrido. No entanto, no tabaco, o uso de sementes híbridas deve ser considerado de outro ângulo, pois o cruzamento artificial já é utilizado para proteger as cultivares pelo macho esterilidade e, portanto, não há custo extra (MANN; JONES, MATZINGER, 1962; SCHNABLE; WISE, 1998).

Portanto, mesmo com pequenos níveis de heterose, o híbrido entre duas linhas diferentes superaria as linhagens *per se*. Além disso, com o uso de híbridos, podem ser combinadas características fenotípicas favoráveis de interesse, presentes em diferentes linhas, como por exemplo, resistência à doença, percentuais de alcaloides, aspectos agrônômicos e características qualitativas. Assim, mesmo com média/baixa heterose, o uso de híbridos em Tabaco Dark deve ser incentivado para aumentar os ganhos genéticos e combinar características desejáveis.

## 5 CONCLUSÕES

Tanto os efeitos da CGC como da CEC foram significativos para o índice SVP, reforçando a presença de efeitos aditivos e dominantes para esta características.

A estratégia de melhoramento do Tabaco Dark da empresa deve continuar a selecionar as melhores linhagens *per se* para posterior recombinação em esquema de dialelo para gerar híbridos e aproveitar os efeitos aditivos e dominantes.

Apesar das heteroses serem na média de 5% os híbridos de maiores médias não foram aqueles que apresentaram maiores heteroses, ou seja, os efeitos aditivos foram os principais contribuintes para a performance do híbrido.

Através da aplicação do índice SVP é possível obter ganhos para produtividade e alcalóides simultaneamente, embora sejam de magnitude inferior à seleção para cada característica individualmente.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO DE FUMICULTORES DO BRASIL (AFUBRA). Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: <<https://afubra.com.br/afubra.html>>. Acesso em: 20 jul. 2018.
- ALEKSOSKI, J. Estimation of the heterotic effect in f1 generation of various tobacco genotypes and their diallel crosses. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 24, n. 2, p. 407-4011, 2010.
- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of GenotypeEnvironmental Interactions in Applied Plant Breeding. **Crop Science**, v. 4, p. 503-508, 1964.
- ASHLANDDECISIONS. Parentalidade para Prevenção do Tabaco. Disponível em: <<http://www.AshlandDecisions.org/parent-tip-sheets.html>>. Acesso em: 10 set. 2019.
- ABIGAIL D. B.; RAMSEY S. L. Heterosis in Flue-Cured Tobacco and Its Utility in Predicting Transgressive Segregation within Derived Populations of Inbred Lines. **Crop Science**, v.59, p. 1-11, 2019.
- BARANWAL, V. K. et al. Heterosis: emerging ideas about hybrid vigour. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 18, p. 6309-6314, 2012.
- BARELLI, M.A.A.; VIDIGAL, M.C.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SCAPIM, C.A.; SAGRILO, E. Diallel analysis for grain yield and yield components in *Phaseolus vulgaris* L. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.22, p.883-887, 2000.
- BARRETO, R. C. S.; NOVAIS, J. M. S. A competitividade internacional do Tabaco do sul do Brasil: 1997-2014. **Economia & Região, Londrina/PR**, v. 4, n. 1, p. 121-138, 2016.
- BELOGRADOVA, K. et al. An Overview on Tobacco Haploids. In: TOURAEV, A.; FORSTER, B. P.; JAIN, S. M. *Advances in Haploid Production in Higher Plants*. **Spring: Netherlands**. 2009. p. 75-85.
- BERNARDO, R. *Breeding for Quantitative Traits in Plants*. 2. ed. Woodbury: **Stemma Press**, 2010. 390 p.
- BERNARDO, R. *Essentials of Plant Breeding*. 1. ed. Woodbury: **Stemma Press**, 2014. 260 p.
- BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. Parental selection strategies in plant breeding programs. **Crop Science and Biotechnology**, v.10, p.211-222, 2007.
- BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; VALÉRIO, I.P. Morphological, pedigree, and molecular distances and their association with hybrid wheat performance. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.155-163, 2009.
- BARROSO, P.A.V.; HOFFMANN, L.V. Métodos de predição do comportamento de populações de melhoramento. Campina Grande: **Embrapa Algodão**, 2003. 38p. (Embrapa Algodão. Documentos, 108)

- B.A.T. **British American Tobacco**. Disponível em: <<https://www.bat.com/snus>>. Acesso em: 12 de dezembro. 2019.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. Melhoria de plantas. 5.ed. **Viçosa: UFV**, 2009. 529p.
- BURTON, J.W., and C. Brownie. 2006. Heterosis and inbreeding depression in two soybean single crosses. **Crop Science**. V. 46, 2006.
- BUTORAC, J. et al. Combining abilities of Agronomic and morphological traits in Burley tobacco. **AgriculturaeConspectusScientificus**, v. 65, n. 3, p. 153 - 159, 2000.
- BRUZI, A. T.; MACHADO, D. A.; FERREIRA, D. F. Homeostase de populações de feijão comum com diferentes estruturas genéticas. **Criação de culturas e biotecnologia aplicada**, v. 7, p. 111 – 116, 2007.
- CARVALHO, B. L; Breeding for multiple traits using phenotypic and genotypic information in tobacco for tropical conditions. **Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)– Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.**
- CHEN, Z. J. Molecular mechanisms of polyploidy and hybrid vigor. **Trends Plant Science**, v. 15, p. 57–71, 2010.
- CHEN, Z. J. Genomic and epigenetic insights into the molecular bases of heterosis. **Nature Reviews: Genetics**, v. 14, p. 471-482, 2013.
- CROW, J. F. Dominance and overdominance. In: Coors, J.G.; Pandey, S. (Eds.) *The Genetics and Exploitation of heterosis in crops*. Madison: **American Society of Agronomy**, 1999, p.49–58.
- CRUZ, C. D. et al. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. **Viçosa: Editora da UFV**, 2004. 480 p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4.ed. **Viçosa: UFV**, 2012. 514p.
- DAVIS, D. L.; NIELSEN, M. T. Tobacco: Production, Chemistry and Technology. 1. ed. **Oxford: Blackwell Science Ltd.**, 1999. 467 p.
- DEAN, C. E. Heterosis, Inbreeding Depression, and Combining Ability in Diallel Crosses of Cigar-Wrapper Tobacco. **Crop Science**, v. 14, n. 3, p. 482- 484, 1974.
- DUDLEY, J. W. Quantitative Genetics and Plant Breeding. **Advances in Agronomy**, v. 59, p. 1-13, 1997.
- EISENHART, C. The assumptions underlying analysis of variance. **Biometrics, Washington**, v. 3, n. 1, p. 1-42, Mar. 1955.

FEHR WR. 1987. Principles of cultivar development: theory and technique. New York: **MacMillan**. 536p.

FERREIRA, R. A. D. C. et al. Implications of the number of years assessment on recommendation of common bean cultivars. **Plant Breeding**, v. 134, p. 599604, 2015.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 9, p. 463–493, 1956.

GINKEL, M; ORTIZ, R; Cross the Best with the Best, and Select the Best: HELP in Breeding Selfing Crops. **crop science**, vol. 58, 2018

HALLAUER, A. R.; CANENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. Quantitative genetics in maize breeding. 3rd ed. New York: **Springer**, 2010. 680 p.

IBRAHIM, H.; SLAVIK, B.; AVRATOVSCUKOVA, N. Yield and Yield Components in Flue-Cured Tobacco and Their Genetic Analysis. **Biologia Plantarum**, v. 26, p. 285-292, 1984.

HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics, Bethesda**, v. 39, n. 1, p. 789-809, 1954.

JINKS, J. L.; HAYMAN, B. I. Analysis of diallel crosses. Maize Genetics Cooperation Newsletter, **Oxford**, v. 27, n. 1, p. 44-48, 1953.

JINKS, J.L.; POONI, H.S. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. **Heredity**, v.36, p.253 - 266, 1976.

KARA S. M.; ESENDAL, E. Heterosis and combining ability analysis of some quantitative characters in Turkish tobacco. **Tobacco Research**, v. 21, p. 16-22, 1995.

KENTON, A. et al. Characterization of the *Nicotiana tabacum* L. genome by molecular cytogenetics. **Molecular and General Genetics MGG, Berlin**, Germany; v. 240, n. 2, p. 159169, 1993

KINAY, A; YILMAZ, G. Effects of Heterosis on Agronomically Important Traits of Oriental Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) Hybrids. **SDU Journal of the Faculty of Agriculture**, v. 11, n. 1, 2016.

KIST, B. B. et al. Anuário brasileiro do Tabaco 2019. Santa Cruz do Sul: **Editora Gazeta**. 2016.

KORUBIN-ALEKSOSKA, A.; ALEKSOSKI, J. Investigations of Combining Abilities in Diallel Set of Varieties Belonging to Several Tobacco Types. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 77, n. 4, p. 203-206, 2012.

KRISHNAMURTHY A. S. et al. Combining ability studies for yield, yield components and total alkaloids in flue-cured tobacco. **Tobacco Research**, v. 20, n. 1, p. 43-46, 1994.

KRYSTKOWIAK, K. et al. Relationship between phenotypic and genetic diversity of parental genotypes and the specific combining ability and heterosis effects in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, v. 165, p. 419-434, 2009.

LEITCH, I. J. et al. The ups and downs of genome size evolution in polyploid species of *Nicotiana* (Solanaceae). **Annals of Botany**, v. 101, p. 805–814, 2008.

LEWIS, R. S.; NICHOLSON, J. S. Aspects of the evolution of *Nicotiana tabacum* L. and the status of the United States *Nicotiana* germplasm collection. **Genetic Resources and Crop Evolution, Dordrecht, Netherlands**; v. 54, p. 727–740, 2007

LITTON, C. C.; STOKES, G. W. Outcrossing in burley tobacco. **Tobacco Science**, v. 8, p. 113–115, 1964.

Li, Z., L.J. Luo, H.W. Mei, D.L Wang, Q.Y. Shu, R. Tabien, et al.. Overdominant epistatic loci are the primary genetic basis of inbreeding depression and heterosis in rice. I. Biomass and grain yield. **Genetics**, v. 158, 2001.

LI, L. et al. Dominance, Overdominance and Epistasis Condition the Heterosis in Two Heterotic Rice Hybrids. **Genetics**, v. 180, p. 1725-1742, 2008.

LI, Y. et al. Contributions of Parental Inbreds and Heterosis to Morphology and Yield of Single-Cross Maize Hybrids in China. **Crop Science**, v. 54, p. 76-88, 2013.

LIMA, L.K. et al. Implications of predictable and unpredictable environmental factors in common bean VCU trials in Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, p. 160-165, 2014.

LORENCETTI, C.; CARVALHO, F.I.F.; BENIN, G.; MARCHIORO, V.S.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, J.A.G.; HARTWIG, I.; SCHMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P. Capacidade combinatória e heterose em cruzamento dialélico de aveia (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, p.143-148, 2005.

LORENCETTI, C.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; VALÉRIO, I.P.; VIEIRA, E.A.; SILVA, J.A.G.; RIBEIRO, G. Estimativa do desempenho de progênies F2 e F3 com base no comportamento dos genitores e dos híbridos F1 em aveia. **Bragantia**, v.65, p.207-214, 2006.

MATHER, K. Biometrical genetics. New York: **Dover**, 1949. 158 p.

MATZINGER, D. F.; MANN, T. J. estudos genéticos sobre associações entre o teor de nicotina e a produção de Tabaco curado por combustão. Em: **proc. 3º mundo Tob. Sci. Congr.** Salisbury, 18 – 26 Fev. 1963, p. 357 – 365. 1964.

MATZINGER, D. F.; MANN T. J.; COCKERHAM, C. C. seleção familiar recorrente e resposta correlacionada em *Nicotianatabacum* L. I. . **Crop Science**, v. 12, p. 40 – 43, 1972.

MATZINGER, D. F., MANN T. J., ROBINSON H. F. variabilidade genética em variedades flue-curadas de tabacum de *Nicotiana*. I. Hicks broadleaf 3 Coker 139. **Agronomia journal**, p. 52, p. 8 – 11, 1960.

MATZINGER, D. F.; MEDEIROS, D. A.; SEMANAS W. W. seleção de índice restrito para alcalóides totais e rendimento em tabaco. **Crop Science**, v. 29, p. 74 – 77. 1989.

MATZINGER, D. E.; WERNSMAN E. A.; ROSS H.F. Diallel cruza entre variedades de Burley de *Nicotiana-tabacum* L. em gerações F1 e F2. **Crop Science**, v. 1, p. 275-279, 1971.

MODERN SNUFF © 2015, 2016 POR MARK STINSON. Disponível em <<http://www.modernsnuff.com/technique/index.html>>. Acesso em: 12 set. 2019.

MENDES, L. et al. Anuário brasileiro do Tabaco 2015. Santa Cruz do Sul: **Editora Gazeta**. 2015. 128p.

MENDONÇA, H.A.; SANTOS, J.B.; RAMALHO, M.A.P. Selection of common bean segregating populations using genetic and phenotypic parameters and RAPD markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.2, p.219-226, 2002.

OLIVEIRA, L.B.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; FERREIRA, D.F. Alternative procedures for parent choice in a breeding program for the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Brasilian Journal of Genetics**, v.19, p.611-615, 1996.

OTUBO, S. T. **Controle genético da tolerância do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a baixas temperaturas na fase de germinação**. 1994. 50 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994.

PARKES, E. Y. et al. Combinação de capacidade de genótipos de mandioca para doença de mosaico de mandioca e Blight bacteriano de mandioca, rendimento e seus componentes relacionados em duas zonas ecológicas em Gana. **Euphytica**, v. 194, n. 1, p. 13-24, 2013.

PEREIRA, H.S.; SANTOS, J.B.; ABREU, A.F.B.; COUTO, K.R. Informações fenotípicas e marcadores microssatélites de QTL na escolha de populações segregantes de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.707-713, 2007.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PEREIRA FILHO, I.A. Choice of parents for drybean (*Phaseolus vulgaris* L.) breeding. I. Interactions of mean components by generation and by location. **Revista Brasileira de Genética**, v.11, p.391-400, 1988.

RAMALHO, M. A. P. et al. Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. **Lavras: Editora da UFLA**, 2012. 522 p.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.A.B.P. Genética na agropecuária. 3.ed. **Lavras: UFLA**, 2004. 472p.

RATOCHINSKI, C. M. W. Agricultura familiar: um estudo da saúde do produtor de tabaco. 2015, 102 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – **Universidade do Contestado**, Canoinhas, 2015.

RESENDE, M. D. V.; SILVA, F. F. ; AZEVEDO, C. F. Estatística Matemática, Biométrica e Computacional. 1. ed. **Viçosa: UFV**, 2014. 881 p.

Ramsey S. L. Josh B. H., Matthew C. V., Agronomic Practices Affecting Nicotine Concentration in Flue-Cured Tobacco: A Review. **Agronomy Journal**. Volume 111, Issue 6, p 3067, 2019

SANTOS, J. B.; VENCOVSKY, R.; RAMALHO, M. A. P. Controle genético da produção de grãos e de seus componentes primários em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 10, 1985.

SINDITABACO, 2018. Origem do tabaco. Disponível em: <<http://sinditabaco.com.br/sobre-otor/origem-do-tabaco>>. Acesso em 20 dez. 2018.

SILVEIRA, R. L. L.; DORNELLES, M.; FERRARI, S. Expansão da cultura do Tabaco no sul do Brasil (1996-2006): características, mudanças e persistências na produção de Tabaco e nos usos do território. **Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona**. v. XVII, n. 987, 2012.

SILVEIRA, R. L. L. Rede e território: reflexões sobre a rede agroindustrial do tabaco, circuito espacial de produção e círculos de cooperação na região sul do Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 47, 2016.

SEYYED-NAZARI, R. et al. Diallel analysis for estimation of genetic parameters in oriental tobacco genotypes. **Genetika**, v. 48, n. 1, p. 125-137, 2016.

SOUZA JR, C. L. Cultivar development of allogamous crops. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v. 11, n. spe, p. 8-15, 2011.

SUSTENTABILITY REPORT. British America Tobacco. Acessado em [www.bat.com/sustainability](http://www.bat.com/sustainability). 37 pag. 2016.

SCHICK, C. M. Plant Breeding: Can metabolomics help? In: CMM/Biosigma Workshop: Insights on metabolomics and its applications. Universidad de Chile – **Facultad de Ciencias Agronómicas**. 2012.

SCHNABLE, P. S.; R. P. A base molecular da esterilidade masculina cytoplasmic e da restauração do fertility. **Tendências em ciência vegetal**, v. 3, p. 175-180, 1998.

SCHNABLE, P.S., N.M. Springer. Progress toward understanding heterosis in crop plants. **Annu. Rev. Plant** V. 64, p.71–88, 2013.

SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, v.34, p.923-932, 1942.

TSAFTARIS A. et al. Epigenetic mechanisms in plants and their implications in plant breeding. p. 157–171. In: Tuberosa, R.; Philips R.; Gale M. (eds.) In the wake of the double helix: From the green revolution to the gene revolution. **Bologna, Italy: Avenue Media**, 2005.

TSO, T. C. Seed to smoke. In: DAVIS, D. L.; NIELSEN, M. T (eds). Tobacco: Production, Chemistry and Technology. World Agriculture Series. **Blackwell Science**, 1999, p. 1-31

VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; SOUZA, V.Q.; BENIN, G.; SCHMIDT, D.A.M.; RIBEIRO, G.; NORNBORG, R.; LUCH, H. Combining ability of wheat genotypes in two models of diallel analyses. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.9, p.100-107, 2009.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: **Sociedade Brasileira de Genética**, 1992. 496 p.

VENCOVSKY, R. Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamento dialélicos de variedades. 1970. 59 p. Tese (Livre-Docente) - **Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, **Universidade de São Paulo**, Piracicaba, 1970.

WILKINSON C. A.; JONES, J. L.; TILSON, W. M. Diallel analysis of crosses among Virginia flue-cured tobacco. **Tobacco Science**, v. 38, p. 21-24, 1994.

YAN, W.; FRÉGEAU-REID, J. Breeding Line Selection Based on Multiple Traits. **Crop Science**, v. 48, p. 417-423, 2008.

## ANEXO A

Tabela A - Resumo da análise da variância conjunta dos 4 locais para produtividade.  
 Dados obtidos no cruzamento dialelo envolvendo dez genitores do grupo varietal Dark.

	<b>GL</b>	<b>Soma Q</b>	<b>Q Méd</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Trat</b>	63	14173	224.97	37.8679	< 2.2e-16 ***
<b>Local</b>	3	2890.9	963.62	162.2029	< 2.2e-16 ***
<b>Local:R</b>	8	296.0	37.00	6.2275	1.084e-07 ***
<b>Trat:</b> <b>Local</b>	189	1854.2	9.81	1.6514	7.883e-06 ***
<b>Resíduos</b>	504	2994.2	5.94		

---

Signif. codes:0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01, '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabela B - Resumo da análise da variância conjunta dos 4 locais para alcalóides.  
 Dados obtidos no cruzamento dialelo envolvendo dez genitores do grupo varietal Dark.

	<b>GL</b>	<b>Soma Q</b>	<b>Q Méd</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Trat</b>	63	115.749	1.8373	8.1992	< 2.2e-16***
<b>Local</b>	3	68.163	22.7211	101.397	< 2.2e-16***
<b>Local:R</b>	8	7.375	0.9219	4.1140	0.00009046***
<b>Trat:</b> <b>Local</b>	189	50.486	0.2671	1.1921	0.06779
<b>Resíduos</b>	504	112.937	0.2241		

Signif. codes:0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01, '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

## **ANEXO B**

### **PRODUTO TÉCNICO**

#### **INTRODUÇÃO**

A BAT Brasil produz diferentes tipos de tabaco para atender às demandas do produtor do consumidor e da regulamentação, por esse motivo a companhia é a maior exportadora de tabaco do Brasil. Cada tipo de tabaco (grupo varietal) exige características de cultivo e cura bem particulares, para que se alcance a melhor produtividade e qualidade nas folhas que serão processadas em diferentes produtores.

O tabaco de mais expressividade para a empresa é o Virginia. Este grupo varietal está presente na maioria dos produtos da empresa. Seu processo de cura leva de quatro a cinco dias em uma estufa com rígido controle de temperatura e umidade. A cor do tabaco Virgínia varia do amarelo vivo a tons de laranja e mogno.

O tabaco produzido pela BAT Brasil é reconhecidamente um dos melhores do mundo, especialmente o do tipo Virgínia. Sua produção se destina tanto para atender a demanda do Brasil, quanto para outros mercados. Apesar das especificidades de cada cultivar, o cultivo é feito basicamente da mesma forma. A tradição da agricultura familiar no plantio do tabaco dá à produção um trato artesanal, o que lhe garante qualidade superior.

Hoje, não só Brasil, mas em todo o mundo o pequeno agricultor familiar tem dificuldade de acesso, pela escola, as tecnologias e auxílios para a produção agropecuária. Nesse sentido é para atender as demandas de qualidade, a empresa adota um sistema de produção integrado que prioriza manter seus funcionários e produtores integrados atualizados e treinados, para que isso ocorra umas das formas utilizadas são os seminários de difusão de tecnologia, que tem o objetivo de apresentar as tecnologias que auxiliam nas diversas atividades na propriedade, visando aumentar a qualidade e produtividade e reduzir a mão de obra para entregar mais qualidade de vida e sustentabilidade aos produtores integrados.

## DESENVOLVIMENTO

Os seminários foram planejados em produtores estratégicos, com fácil acesso e conhecidos na região. Os assuntos tratados no seminário foram: canteiro padrão, tecnologias de cura, fertirrigação, manejo correto de solos e perfil varietal.

Os assuntos foram divididos por estandes, quando os produtores chegavam no seminário eram recepcionados e divididos em grupos, onde o monitor de cada grupo era responsável por guia-los para as devidas apresentações, que ocorrem simultaneamente.

A equipe do melhoramento ficou responsável pela apresentação das etapas do melhoramento de plantas, doenças do tabaco com ênfase em murcha bacteriana, produção de híbridos, beneficiamento e produção de sementes. Estes assuntos foram tratados na barraca preparada para isso, e também foram sanadas algumas dúvidas. Logo após este momento os produtores foram convidados a conhecer o showroom de cultivares Virginia.

Foram apresentados aos produtores 9 híbridos (CSC 4704, CSC 4703, CSC 4707, CSC 4304, CSC 4501, CSC 497, CSC 447, CSC 416, CSC 439), evidenciando lançamentos como CSC 4707. Os assuntos abordados para cada híbridos foram: época de plantio, ciclo, número de folhas emitidas e deixadas, resistências a doenças, produtividade e qualidade.

Figura 3 - fotos dos seminários realizados.



## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conforme feedback recebido pelos produtores, fica comprovada a importância do programa de melhoramento da BAT Brasil em desenvolver novos híbridos e divulgá-los em dias de campos que forneçam as informações necessárias para os produtores, aliando a uma melhor recomendação perante as dúvidas e discussões que venham a surgir.