

UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO - UNIFENAS
EDISON CLAYTON PISTELLI

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA DE LUZ NO
CRESCIMENTO E ANÁLISE DO ÓLEO ESSENCIAL
DE TRÊS POACEAE**

Alfenas-MG

2014

UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO - UNIFENAS
EDISON CLAYTON PISTELLI

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA DE LUZ NO
CRESCIMENTO E ANÁLISE DO ÓLEO ESSENCIAL
DE TRÊS POACEAE**

Dissertação apresentada à Universidade José Vellano – UNIFENAS, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Sistema de Produção na Agropecuária para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva

Alfenas-MG

2014

Pistelli, Edison Clayton.

Influência de diferentes comprimentos de onda de luz no crescimento e análise de óleo essencial de três POACEAE./ Edison Clayton Pistelli – Alfenas, 2014.

70 f., enc.: il., color.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Bortoloti da Silva

Dissertação (Mestrado Profissional em Sistema de Produção na Agropecuária) Universidade José do Rosário Vellano

Referências: 48-59

1. Anatomia foliar. 2. Trocas gasosas. 3. Malhas fotoconversoras.
I. Edison Clayton Pistelli. II. Título.

CDU: 633.88 (043)

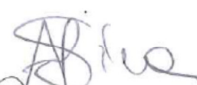
Certificado de Aprovação

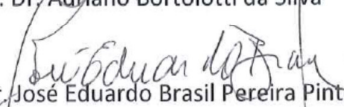
TÍTULO: "INFLUÊNCIA DE DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA DE LUZ NO CRESCIMENTO E ANÁLISE DE ÓLEO ESSENCIAL DE TRÊS POACEAE".

AUTOR: Edison Clayton Pistelli

ORIENTADOR: Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **Mestre Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária** pela Comissão Examinadora.


Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva


Prof. Dr. José Eduardo Brasil Pereira Pinto


Prof. Dr. Thiago Corrêa de Souza

Alfenas, 02 de abril de 2014.


Prof. Dr. José Messias Miranda
Coordenador do Mestrado Profissional
Sistemas de Produção na Agropecuária

DEDICO

À minha mãe Lucrecia “Kesse” *in memórian*,
meu pai Silvio e meus irmãos pela minha
conquista.

OFEREÇO

À minha querida esposa Patricia a quem me incentivou, apoiou-me muito e pela paciência.

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo “Deus” por estar sempre ao meu lado.

Ao Orientador Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva pelo companheirismo e dedicação.

Às alunas Marina Cunha dos Reis, Mariana Helena Machado de Figueiredo e Caroline Oliveira Reis da graduação de Engenharia Agrônômica – UNIFENAS, pelos serviços prestados como teor de clorofila, cortes anatômicos e as fotografias.

Na pessoa do Prof. Dr. Paulo Roberto Corrêa Landgraf os meus agradecimentos ao “Corpo Docente” do Mestrado Profissional em Sistema de Produção na Agropecuária e pela informação na aquisição dos ChromatiNet`s.

Ao Prof. Dr. Thiago Corrêa de Souza pela coleta das leituras de Intensidade de Radiação Global e Comprimento de Ondas no projeto.

À minha esposa Patricia pelo apoio, companheirismo e paciência, para enfrentar mais esta etapa de minha vida.

A minha Mãe por ter me ensinado as tarefas de “para casa”.

Aos meus irmãos professores: Rosa Maria, Lucrécia e Renato por terem dedicado as suas vocações de ensinar no meu aprendizado e Wilson por ter contribuído na infraestrutura da montagem do meu projeto.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes pelo Auxílio Financeiro utilizado para pagamento das análises das pesquisas; porém “antes” como Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes/MG onde cursei o Ensino Médio Integrado ao Técnico em Agropecuária de excelência, e por acolher-me através de Concurso Público e também por cursar através de um convênio junto ao Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET-PR o curso de Licenciatura em Esquema II.

Ao Ms. Oliveiros Miranda dos Santos, meu amigo, pelo incentivo para que eu tomasse esta decisão, pela indicação junto ao Orientador pelos equipamentos cedidos e na montagem da infraestrutura do sistema de fertirrigação do projeto.

Ao Prof. Dr. Ademir José Pereira - Diretor-Geral do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes pela minha indicação junto ao Orientador e por ter deferido meus pedidos e cedido a estufa agrícola e equipamentos para a fertirrigação na implantação do projeto dentro do Câmpus.

A Prof. Dra. Lucia Ferreira – Coordenadora-Geral de Extensão (quando me iniciei no mestrado) pelo apoio, por acreditar na minha capacidade de desenvolver os trabalhos do projeto, sempre dando apoio e perguntando a respeito.

Aos irmãos Leonardo e Guilherme Ramos da Cunha (afilhado) meus sobrinhos por afinidade, atualmente cursando o 3º período de Ciências Biológicas no IFSULDEMINAS - Câmpus Inconfidentes, pelo enorme apoio na coleta das plantas, preparo das amostras e nas extrações dos óleos essenciais.

Ao Prof. Dr. Edu Max da Silva, meu amigo, pelo apoio do conteúdo para o Seminário da disciplina de Gestão Ambiental e Empreendimentos Agropecuários.

Na pessoa do colega PhD. Wilson Roberto Pereira – Coordenador-Geral de Produção e Desenvolvimento do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes, agradeço pela infraestrutura da estufa, as mudas do Vetiver.

E aos colegas que de uma forma direta ou indireta contribuíram para que o projeto pudesse ser executado com êxito.

Ao Prof. Ms. Wallace Ribeiro Corrêa por ter cedido o Laboratório de Biologia do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes e em especial pelo empréstimo do aparelho Clevenger, e também pela sugestão do uso do Nitrogênio Líquido para o preparo das extrações dos óleos essenciais.

Ao meu sobrinho e afilhado João Victor Guidi Soares Pistelli pelas vezes dos translados de Inconfidentes/Alfena/Inconfidentes.

Ao Prof. Ms. Laércio Loures pelo companheirismo e elaboração da tabela do Resumo da Descrição Botânica das Cultivares utilizada no projeto.

Ao colega Odilom França de Oliveira Neto pelo enorme empenho nas interpretações dos resultados das CG-MS.

RESUMO

As plantas medicinais são cultivadas por serem usadas na medicina popular, na indústria alimentícia, farmacêutica e de perfumes. Novas tecnologias em nutrição mineral, irrigação, cultivo protegido e alterações na qualidade e intensidade luminosa vêm sendo empregada no cultivo de plantas medicinais. O presente trabalho teve por objetivo verificar a influência da qualidade e intensidade luminosa em diferentes plantas medicinais. Os tratamentos foram compostos pelo cultivo de citronela (*Cymbopogon nardus* L.), capim-limão (*Cymbopogon citratus* DC. Stapf) e vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) sob diferentes malhas fotoconversoras (preto, vermelho e azul) e no cultivo protegido. As mudas das plantas medicinais foram transplantadas em substrato tipo SLAB e assim mantidas nos diferentes tratamentos. Foi realizada fertirrigação (NPK) por gotejamento durante todo o ciclo do experimento. Aos 180 dias foram realizadas as avaliações das características de crescimento das plantas, anatomia foliar, teor de clorofila, fotossíntese, produção e composição do óleo essencial. A maior altura das plantas foi observada no cultivo sob a malha vermelha. O cultivo protegido favoreceu o maior acúmulo de biomassa seca das plantas medicinais. As malhas fotoconversoras promoveram alterações na anatomia foliar das plantas. Plantas de citronela e capim-limão apresentaram menor espessura do mesofilo foliar quando mantidas sob as malhas azul e vermelha, respectivamente. A malha preta promoveu em plantas de vetiver o maior mesofilo foliar. As folhas de citronela apresentaram (1240 estômatos mm^{-2}), vetiver (409 estômatos mm^{-2}) e capim-limão (806 estômatos mm^{-2}). Maiores conteúdos de clorofilas **a** e **b** foram observados em plantas de capim-limão cultivadas a cultivo protegido e as plantas de citronela apresentaram maior teor de clorofila enquanto mantidas em malha preta. Menores teores de clorofila foram observados em plantas de vetiver mantidas sob a malha vermelha. Plantas medicinais cultivadas sob a malha vermelha e no cultivo protegido apresentaram as maiores taxas fotossintéticas. O maior rendimento em óleo essencial foi obtido em plantas crescendo a cultivo protegido. O principal composto encontrado em citronela foi o citronelal com teores acima de 30%. O citral foi o constituinte majoritário do óleo essencial de capim-limão e nas plantas de vetiver foram encontrados o muuroladieno, mehidro isolongifeno e o muurolol. As malhas fotoconversoras promoveram alterações morfofisiológicas, bem como no rendimento e teor dos constituintes dos óleos essenciais das plantas medicinais.

Palavras-chave: Anatomia foliar. Trocas gasosas. Malhas fotoconversoras.

ABSTRACT

Medicinal plants are cultivated for use in popular medicine, and in food, pharmaceutical and perfumes industry. New technology in mineral nutrition, irrigation, protected culture, as well as alterations in quality and intensity of exposure to light have been applied in the cultivation of medicinal plants. This present work aimed to assess the influence of the quality and intensity of lighting on different medicinal plants. Treatments consisted of citronella (*Cymbopogon nardus* L.), lemongrass (*Cymbopogon citratus* DC. Stapf) and vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) under different photo-converting filter colours (black, red and blue) as well as under plain sunlight. Medicinal plant seedlings were transplanted in SLAB type substrate and kept under the different treatments. Drip fertirrigation was carried out throughout treatment cycle. Assessments on plant growth, leaf anatomy, chlorophyll content, photosynthesis, production and composition of the essential oil were performed on the 180th day. Plant height fared best results on cultivation under the red mesh. Plain sun favoured higher accumulation of dry biomass by the plants. Photo-converting promoted alterations on leaf anatomy in plants. Citronella and lemongrass plants, respectively, showed thinner leaf mesophylls when kept under the blue and red filters. The black filter mesh promoted greater leaf mesophylls on vetiver plants. Citronella leaves showed 1240 stomata/mm², vetiver 409 stomata/mm² and lemongrass showed 806 stomata/mm². The highest contents of chlorophyll *a* and *b* were noticed on lemongrass plants cultivated under plain sunlight, while citronella plants fared higher chlorophyll rates when under black filter. Lower rates of chlorophyll were verified on vetiver under the black mesh. Medicinal plants cultivated under the red mesh as well as those cultivated under plain sunlight yielded the highest photosynthetic rates. The highest essential oil yielding was obtained from plants growing under plain sunlight. The main compound found in citronella was citronellal with rates above 30%. Citral was the main constituent in the lemongrass essential oil, and muuroladieno, dehydro isolongifeno and muurolol were found in the vetiver plants. The photo-converting mesh pieces promoted morpho-physiological alterations on medicinal plants, as well as on the yielding and contents of their essential oil constituents.

Key words: Foliar anatomy. Gases exchanges. Photo-converting mesh.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** - Plantas de capim-limão (A); plantas de citronela (B) e plantas de vetiver (C) com 150 dias de cultivo. Fonte: Edison Clayton Pistelli 17
- FIGURA 2** - Diferentes tratamentos em cultivo protegido (A); Distribuição dos SLAB's formando os canteiros e as tripas de fertirrigação passando através dos SLAB's (B). Fonte: Edison Clayton Pistelli..... 25
- FIGURA 3** - Temperaturas médias (máximas e mínimas) do ambiente externo e interno do cultivo protegido 26
- FIGURA 4** - Fonte: Dados obtidos através de um espectrorradiômetro (Luzchem, mod.SPR-4002). Intensidade de radiação em cada comprimento de onda nos quatro tratamentos: ChromatiNet's (50%) azul e vermelho, malha preta (50%) e cultivo protegido..... 27
- FIGURA 5** - Irradiância medida nos diferentes tratamentos (ChromatiNet's (50%) azul e vermelha, malha preta (50%) e cultivo protegido)..... 28
- FIGURA 6** -A) sistema radicular de vetiver; B) amostras de 200g das folhas; C e D) plantas cortadas em pedaços de aproximadamente 1 cm; e colocadas em Nitrogênio Líquido; E) amostras colocadas em um copo de liquidificador; F e G) partículas ainda cristalizadas foram introduzidas no balão de fundo redondo; H) adição de 600 ml de água destilada no balão do Clevenger; I) hidrodestilação. 31
- FIGURA 7** - Cortes transversais em folhas de citronela (A); capim-limão (B) e vetiver (C) cultivadas no cultivo protegido e em diferentes malhas fotoconversoras (Preto, Azul e Vermelho). Parênquima clorofiliano (▪); Células buliformes (*); Esclerênquima (e); Feixe vascular (fv); Aerênquima (ae); Epiderme abaxial (eab) e Epiderme adaxial (ead). 38
- FIGURA 8** - Cortes paradérmicos em folhas de citronela (A); capim-limão (B) e vetiver (C). Estômatos dispostos linearmente ao longo da folha, apresentando formato de halteres característico de Poaceae..... 39

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Alguns nomes do capim-limão em diferentes culturas	14
TABELA 2 - Descrição botânica.	18
TABELA 3 - Teores de nutrientes no adubo comercial Complex 151.	26
TABELA 4 - Comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da parte aérea (MSPA), teor e rendimento de óleo essencial nos diferentes tratamentos.....	34
TABELA 5 - Espessura das epidermes adaxial e abaxial, mesofilo foliar, diâmetros polar e equatorial dos estômatos e densidade estomática, nos diferentes tratamentos.	37
TABELA 6 - Clorofila <i>a</i> e <i>b</i> , carotenoides, fotossíntese (Pn), condutância estomática (Gs) e transpiração (Tr), nos diferentes tratamentos.	40
TABELA 7 - Compostos majoritários nas diferentes plantas medicinais.....	44
TABELA 8 - Compostos detectados na amostra Capim-limão, vermelho.	59
TABELA 9 - Compostos detectados na amostra Citronela, vermelho.	60
TABELA 10 - Compostos detectados na amostra Vetiver, vermelho.	61
TABELA 11 - Compostos detectados na amostra Capim-limão, Cultivo Protegido.....	62
TABELA 12 - Compostos detectados na amostra Citronela, Cultivo Protegido.....	63
TABELA 13 - Compostos detectados na amostra Vetiver, Cultivo Protegido.	64
TABELA 14 - Compostos detectados na amostra Capim-limão, azul.....	65
TABELA 15 - Compostos detectados na amostra Citronela, azul.....	66
TABELA 16 - Compostos detectados na amostra Vetiver, azul.	67
TABELA 17 - Compostos detectados na amostra Capim-limão, preta.	68
TABELA 18 - Compostos detectados na amostra Citronela, preta	69
TABELA 19 - Compostos detectados na amostra Vetiver, preta.	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Plantas medicinais	13
2.2 Descrição das espécies.....	14
2.2.1 Capim-limão	14
2.2.2 Citronela	15
2.2.3 Vetiver	16
2.3 Influência da luz na fisiologia das plantas	18
2.3.1 Influência de malhas fotoconversoras “ChromatiNets”	19
2.4 Óleos essenciais.....	20
2.5 Extração e análise de óleos essenciais	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Local	24
3.2 Material Vegetal.....	24
3.3 Descrição dos tratamentos	24
3.4 Condução do experimento	25
3.5 Caracterização ambiental	26
3.6 Avaliações.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Características fitotécnicas.....	33
4.2 Características anatômicas	36
4.3 Pigmentos e características fisiológicas.....	39
4.4 Composição química do óleo essencial	43
5 CONCLUSÕES	47
6 REFERÊNCIAS.....	48
ANEXOS.....	59

1 INTRODUÇÃO

As plantas medicinais são estudadas devido ao seu uso na medicina popular e pela possibilidade de extração de óleos essenciais que apresentam diferentes finalidades, como uso terapêutico, cosmético e na perfumaria.

Dentre as espécies medicinais estudadas, o capim-limão e a citronela, ambos pertencentes ao gênero *Cymbopogon*, destacam-se pelo seu emprego na medicina popular e na indústria farmacêutica e alimentícia. O citral encontrado no capim-limão é matéria prima usada na perfumaria, na síntese de vitamina A e como antisséptico. No capim citronela, o óleo essencial é rico em aldeído citronela sendo excelentes aromatizantes e repelentes de insetos apresentando atividade antimicrobiana. Outro óleo essencial largamente utilizado na perfumaria é o extraído do vetiver (*Vetiveria zizanioides*) que atua como fixador direto do perfume.

Os óleos essenciais são compostos voláteis advindos do metabolismo secundário das plantas e estão associados a importantes atividades biológicas. Diversos fatores influenciam na biossíntese dos princípios ativos encontrados no óleo essencial e condicionam o aproveitamento medicinal das plantas.

O meio ambiente tem influência na expressão genética, bem como comanda o metabolismo secundário, interferindo diretamente no acúmulo de biomassa e na produção dos princípios ativos das plantas medicinais. A luz é um dos mais importantes fatores na regulação do crescimento, provocando alterações morfológicas e fisiológicas nas plantas, que podem produzir mudanças nos teores dos princípios ativos e no rendimento do óleo essencial. As malhas fotoconversoras vêm sendo utilizados como um fator de produção que possibilita a mudança do comprimento ou qualidade espectral em cultivos protegidos, podendo ser encontrado no mercado em diferentes cores como vermelho, azul, preto, entre outras. Alguns trabalhos evidenciam que o cultivo neste ambiente pode produzir plantas com mudanças morfoanatômicas benéficas e maior crescimento quando comparadas as plantas cultivadas a pleno sol.

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento, anatomia foliar, trocas gasosas e a produção e composição dos óleos essenciais das plantas medicinais: capim-limão, citronela e vetiver, cultivados em ambientes com diferentes espectros luminosos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Plantas medicinais

As práticas terapêuticas que utilizam as plantas medicinais sempre exerceram importante papel na busca de melhores condições de saúde pelo homem. De acordo com ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS), 2000, as plantas medicinais silvestres ou cultivadas são utilizadas como recurso para prevenir, aliviar, curar e modificar um processo fisiológico normal ou patológico, e ainda como fonte de fármacos e de seus precursores (SANTOS et al., 2011; DUTRA et al., 2009; BRAGA, 2008).

No Brasil, entrou em vigor, no ano de 2000, uma normativa para registro de medicamentos fitoterápicos. Tratava-se da resolução RDC nº. 17 de 24 de fevereiro de 2000, que visava normatizar o registro de tais medicamentos junto ao Sistema de Vigilância Sanitária e revogava a Portaria nº. 6 SVS/MS de 31 de janeiro de 1995, e o inciso XIX do anexo da Portaria nº. 2, de 24 de janeiro de 1995 (BRASIL, 2000). Em 2004, novos critérios foram estabelecidos para serem seguidos pelas indústrias produtoras de medicamentos fitoterápicos que desejavam comercializar seus produtos no país. O atual regulamento para o registro desses medicamentos foi publicado no Diário Oficial da União, por meio da Resolução RDC nº. 48, de 16 de março de 2004, revogando-se a Resolução RDC 17/2000 e o artigo nº. 18 da RDC nº. 134, de 28 de maio de 2003 (BRASIL, 2004a), (MARTINAZZO, 2006).

As espécies medicinais, aromáticas e condimentares mais cultivadas e comercializadas no Brasil não são nativas, e em grande parte foram trazidas pelos imigrantes, como a camomila (*Chamomilla recutita*), a hortelã (*Menhta* spp.), o manjeriço (*Ocimum* spp.), o capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e a vinca (*Catharanthus roseus*) (AMARAL et al., 1999; SIMÕES et al., 2003).

O conhecimento das propriedades curativas destas plantas foi adquirido de forma totalmente empírica, e transmitida através do tempo, como a única forma de conhecimento disponível sobre suas propriedades medicinais (SILVEIRA; OLEA, 2009; SALVAGNINI et al., 2008).

2.2 Descrição das espécies

2.2.1 Capim-limão

O capim-limão (*Cymbopogon citratus*) pertence à Poaceae, família de plantas que compreende aproximadamente 500 gêneros e cerca de 8.000 espécies herbáceas, denominada genericamente de gramíneas (UNIVERSITY, 2007). O nome deste gênero, *Cymbopogon* deriva de *Kimbe* (barco) e *pogon* (barba) em referência ao arranjo das suas espigas (PLANTS, 2007); e têm sido utilizadas em muitas culturas, algumas delas estão listadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Alguns nomes do capim-limão em diferentes culturas

Língua ou Região	Nome para o Capim-limão
Árabe	الليمون خشيشة, الليمون خشيشة Hashisha al-limun
Bulgária	Лимонова трева, Цимбопогон
Brasil*	sana-cidreira, sana-limão, caninha-limão, capim-cidrão, capim-cheiroso, capim-cidreira, capim-cidrilho, capim-cidró, capim-jossá, capim-limão, capim-santo, chá-de-estrada, erva-cidreira, facapé, jaçapé, patchuli, verbena-da-Índia.
	草薑 [cǎo jiāng], 風茅 [fēng máo], 檸檬草 [níng méng cǎo] (Mandarin)
Chinese	
Czech	Citrónová trava
Danish	Citrongræs
Dutch	Citroengras, Sereh, Kamelhewe
English	Lemon grass, Citronella, Squinant
Esperanto	Citronelo
French	Verveine des Indes
Galician	Herba de Limón
German	Zitronengras, Citronella, Lemongras
Greek	Λεμονόχορτο, Κιτρονέλλα (<i>Cymbopogon nardus</i>) Lemonochorto; Kitronella (<i>Cymbopogon nardus</i>)
Hindi	Sera, Verveine
Hungarian	Citromfű, Citronella
Italian	Cimbopogone
Japanese	レモングラス, レモンソウ (Remonsō, Remonso, Remonguraso)
Korean	레몬그라스 (Remon-gurasu)
Malayalam	ഇഞ്ചിപ്പുല്ല (Enchipullu)
Portuguese	Erva-príncipe; Capim-santo, Capim-cidrão, Erva-cidreira (Brasil)
Romanian	Citronella, Ierba de Lămâie
Russian	Лимонное сорго, Лимонная трава (Limonnoe sorgo, Limmonaya trava)
Spanish	Zacate de limón, Te de limón, Caña de Limón, Citronella, Hierba de Limón
Swedish	Citrongräs
Vietnamese	Sả chanh, Xả (Sa chanh, Xả)

Fonte: KATZER, 2007.

*(FARMACOPÉIA, 2003; PAVIANI, 1964; SILVA E BAUER, 1971; REITZ, 1982; AKISUE *et al.*, 1996; BRASIL, 1998). **Família:** POACEAE (GRAMINEAE). **Nomes comuns:** capim-cidró, Capim-limão, capim-cidreira, capim-cidrão, chá-de-estrada, erva-cidreira, citronela-de-java, lemon grass, west indian lemongrass.

A espécie é originária da Índia (MING et al., 1996), sendo que o gênero *Cymbopogon* apresenta mais de 100 espécies, dentre as quais aproximadamente 56 são aromáticas. Algumas são usadas na medicina popular, tendo uso terapêutico, cosmético e na perfumaria (LORENZI; MATOS, 2002)

É uma planta estolonífera, constituindo touceiras compactas e grandes, formadas por numerosos colmos eretos, simples ou ramificados, de 0,5 a 2 m de altura, exalando um aroma característico, lembrando o do limão (CASTRO; RAMOS, 2003), conforme figura 1A.

O óleo essencial apresenta como características, principalmente, odor aromático agradável, semelhante ao de limão; sabor aromático e ardente e coloração verde-pálida (FARMACOPÉIA, 2003; AKISUE et al., 1996).

O rendimento em óleo essencial na espécie *C. citratus*, nas condições de Viamão-RS, tem sido de 0,4 a 0,6% (RAUBER et al. 1999). Seu óleo essencial é usado em perfumaria para a produção de β -ionona (aroma de violetas), na síntese da vitamina A e como antisséptico, por sua ação fungistática (RAUBER et al. 1999).

2.2.2 Citronela

Cymbopogon nardus (Linn) Rendle (Família Poaceae) popularmente conhecido como capim citronela ou ceilão citronela, sendo de amplo uso na medicina popular na costa do Brasil. É usado como antimicótico, acaricida e repelente contra uma variedade de insetos (PANDEY; RAI, 2003).

É uma erva perene, cespitosa, de 0,80-1,20 m de altura. Os colmos são eretos, lisos, semilenhosos, maciços, de cor verde-clara e internódios longos sobre um rizoma curto amarelo-escuro, com inúmeras raízes fortes, fibrosas e longas. As folhas são planas, inteiras, estreitas, longas, de 0,50-1 m de altura, com margens ásperas, ápice agudo, face superior verde-escuro-brilhante e inferior verde-oliva-grisácea (Figura 1B). Apresentam aspecto curvo, sendo intensamente aromáticas, lembrando o eucalipto citriodora. (CASTRO; RAMOS, 2003).

Choudhury & Ghosh (1995) comentaram que o capim-citronela é uma planta perene cujas folhas são periodicamente removidas para extração de óleo essencial e que não existe informação definida sobre a altura de corte mais adequada.

O óleo extraído de suas folhas é rico em aldeído citronela (aproximadamente 40%) e tem pequenas quantidades de geraniol, citronelol e ésteres. O citronelol é excelente aromatizante de ambientes e repelentes de insetos, além de apresentar ação antimicrobiana local e acaricida (MATTOS, 2000).

Utilizam-se as folhas, colmos verdes e seu óleo essencial para fins de perfumaria, afugentar insetos do lar e de grãos armazenados, também como desinfetante doméstico, bactericida laboratorial e matéria-prima para a síntese de outros aromas (CASTRO; RAMOS, 2003).

2.2.3 Vetiver

É uma erva perene, cespitosa, ereta de 1,50-2,20 m de altura. Os colmos são fortes, achatados, glabros, lisos, verde-claro brilhantes, com perfilhação abundante. As raízes são numerosas, aromáticas, pardo-escuras, rijas e longas. As folhas são estreitas e longas, fortes, eretas, rijas, mas com as extremidades dobradas, acaneladas, de margens ásperas e cortantes, não aromáticas, mais escuras que os colmos, com lígula curta e escariosa (CASTRO; RAMOS, 2003), conforme figura 1C.

Vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nasch) é uma gramínea aromática originária da Índia que se adapta muito bem ao solo arenoso do Estado do Pará. Essa planta é dotada de um complexo entrelaçado de pequenas raízes subterrâneas, amarelas de cheiro peculiar. O óleo extraído de suas raízes tem um emprego bastante definido na indústria de perfumes, no entanto, vem sendo utilizado apenas na indústria regional, apesar de suas conhecidas características como fixador natural de formulações demasiadamente voláteis e de conferir um aroma agradável, forte e duradouro às formulações de que participa (ALMEIDA, 1973).

Vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nasch ex Pequeno) é uma planta da família das gramíneas amplamente difundidas em regiões tropicais da Ásia, África, Oceania, América Central e América do Sul (MARTINEZ et al., 2004). O óleo volátil de raízes de vetiver é um líquido viscoso, cuja cor varia do amarelo ao marrom escuro, e cujo odor é bem doce, terrenos, com notas amadeiradas (ARCTANDER, 1960). Esse óleo é muito apreciado pela indústria de perfume, utilizado como fixador e por contribuir odor em bases, tais como a rosa (CHOWDHURY et al., 2002), chypre (WEYERSTAHL et al., 1996), e várias fragrâncias

masculinas. Além disso, o vetiver pode ser utilizado na prevenção da erosão do solo pela chuva (TSCHERNING et al., 1995) e no combate à contaminação do solo por metais pesados (CHEN et al., 2000); seu óleo pode ser aplicado na aromaterapia (BAUDOUX, 2002) e como agente de sabor em algumas bebidas (SOLOMON, 1998).



FIGURA 1 - Plantas de capim-limão (A); plantas de citronela (B) e plantas de vetiver (C) com 150 dias de cultivo. Fonte: Edison Clayton Pistelli

No Brasil, a produção de óleo de vetiver ainda é baixa, porque há uma grande variabilidade do preço do produto e qualidade. Diferentes métodos de extração foram testados em raiz de vetiver coletados no Brasil. O rendimento mais elevado foi obtido através da extração de fluido supercrítico, mas este extrato apresentou maiores quantidades de compostos indesejáveis, tais como o ácido zizanoic, e outras substâncias não voláteis (MARTINEZ et al., 2004).

O óleo essencial de vetiver, *Vetiveria zizanioides* (L) Nash é uma das mais importantes matérias-primas na perfumaria, tanto como um fixador e por direito próprio como um ingrediente de perfume. Ele tem inúmeras aplicações em produtos de higiene pessoal e cosméticos, a raiz de vetiver também é importante na medicina tradicional como um carminativo, estimulante e diaphoretic (sudorífero). O óleo de vetiver possui propriedade calmante e tem sido tradicionalmente usado em aromaterapia para aliviar o stress, ansiedade, tensão nervosa e insônia por muito tempo (FISCHER-RIZZI, 1990).

Estudos mais recentes têm demonstrado as potencialidades do vetiver como agente antimicrobiano (HAMMER, 1999) e como repelente de insetos (ZHU, 2003) aumentando a importância desse óleo essencial. A Tabela 2 apresenta o resumo das plantas.

TABELA 2 - Descrição botânica.

Resumo da Descrição Botânica			
	Capim-limão	Citronela	Vetiver
Reino	Plantae	Plantae	Plantae
Divisão	Magnoliophyta	Magnoliophyta	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida	Liliopsida	Liliopsida
Ordem	Poales	Poales	Poales
Família	Poaceae	Poaceae	Poaceae
Gênero	<i>Cymbopogon</i>	<i>Cymbopogon</i>	<i>Vetiveria</i>
Espécie	<i>Reindle C. citratus</i> (DC) Stapf	<i>spreng C. nardus</i> (L)	<i>Zizanioides</i> (L) Nash ex Small

Fonte: Prof. Ms. Laércio Loures

Graduado: Engenharia Agrônômica e Licenciatura em Ciências Biológicas.

Mestrado: Mestre em Engenharia Florestal – UFLA.

2.3 Influência da luz na fisiologia das plantas

A luz é um fator ambiental de fundamental importância para as plantas, pela ação direta ou indireta na regulação de seu crescimento e desenvolvimento. As respostas morfofisiológicas das plantas não dependem apenas da presença, atenuação ou ausência da luz, mas também da variação em qualidade luminosa (MARTINS, 2006).

Toda a vida na Terra é mantida por um fluxo de energia proveniente da luz do sol, que por meio do processo fotossintético é fixada em energia química e utilizada para realizar processos vitais em todos os componentes da cadeia alimentar (LARCHER, 2004).

De acordo com Taiz & Zeiger (2004), a luz é um recurso crítico para as plantas, que pode limitar seu crescimento e reprodução. A radiação não é para as plantas somente uma fonte de energia (efeito fotoenergético), mas também um estímulo que governa o condicionamento do desenvolvimento (efeito fotodestrutivo). Todos esses efeitos ocorrem por meio de absorção dos quantas de luz, a qual é medida por fotorreceptores específicos (LARCHER, 2004).

A luz, fração visível da energia solar, que contém a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) compreendida na faixa espectral de 400-700 nm, tem importância fundamental em vários processos fisiológicos que ocorrem nas plantas e, segundo LARCHER (2004), 45% da radiação proveniente do sol se encontram dentro dessa faixa espectral.

A radiação solar pode atuar como estimulante na formação de tricomas (YAMAURA et al., 1989) e, conseqüentemente, alterar os níveis e a composição do óleo essencial (LETSHAMO et al., 1994; LETSHAMO; GOSSELIN, 1996). Costa et al. (2010) observaram maior número de tricomas glandulares, em plantas de *Ocimum selloi*, cultivadas em pleno sol quando comparadas com plantas cultivadas sob malha vermelha e azul.

2.3 1 Influência de malhas fotoconversoras “ChromatiNets”

A cobertura das mudas através de sombrites torna-se necessária para evitar o excesso de insolação, mas sabe-se que a luz é um fator fundamental para as plantas, pela ação direta ou indireta na regulação de seu crescimento e desenvolvimento (MORINI; MULEO, 2003) desempenhando papel relevante no controle dos processos associados ao acúmulo de Biomassa, contribuindo, de forma inequívoca, para o desenvolvimento da planta, sendo a sua qualidade fator limitante no crescimento vegetal (VALIO, 2001).

As malhas coloridas constituem um elemento novo no cultivo protegido, provocando reações morfológicas e fisiológicas específicas, melhorando a eficiência do cultivo e apresentando resultados qualitativos e econômicos satisfatórios (SHAHAKA et al., 2002).

Segundo Grinberger et al. (2002), técnicas de alteração espectral pelo uso de malhas coloridas são bastante promissoras no desenvolvimento das plantas, principalmente em relação aos efeitos morfoanatômicos e fisiológicos, melhorando a penetração da luz no dossel (SHAHAKA et al., 2004). As malhas coloridas são usadas, geralmente, para proteger as culturas da radiação solar excessiva ou perigos ambientais, modificando a especificidade da luz solar, concomitantemente com a melhoria do microclima.

Os benefícios dessas malhas visam melhorar o crescimento, o rendimento, a qualidade e o desempenho total das plantas, refletindo na produção vegetal e todos os seus componentes (HENRIQUE, 2010).

Costa et al. (2012) trabalhando com hortelã-pimenta observaram maior acúmulo de biomassa e rendimento de óleo essencial em plantas cultivadas em pleno sol, malhas preta e vermelha, bem como maior teor de mentol a pleno sol.

Plantas de hortelã-japonesa foram mais afetadas pela intensidade luminosa do que a variação espectral da luz imposta pelas malhas, sendo que as plantas cultivadas a pleno sol apresentaram melhor crescimento e rendimento de óleo (CHAGAS et al., 2013).

As malhas, vermelha e preta foram promissoras na extração de hidrato de cis-sabieno e hidrato de trans-sabieno (tela vermelha) e timol (tela preta), sendo que as malhas coloridas não influenciaram no crescimento das plantas (CORRÊA et al., 2012). Brant et al. (2010) trabalhando com melissa, verificaram mudanças de maior teor de clorofila a e b em plantas crescendo sob malha azul e as plantas a pleno sol apresentaram a maior espessura da epiderme bem como quantidade de cloroplastos.

2.4 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são produtos obtidos tradicionalmente de parte de plantas através de destilação por hidrodestilação. São misturas complexas de substâncias voláteis lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. Também são chamados de óleos etéreos ou voláteis (GIORDANI et al., 2008). Essas denominações derivam de algumas de suas características físico-químicas, como, por exemplo, a de serem geralmente líquidos de aparência oleosa à temperatura ambiente (ORLANDA, 2011).

Quimicamente são compostos de hidrocarbonetos terpênicos, alcoóis simples e terpenos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas e compostos contendo enxofre em diferentes concentrações (SIMÕES et al., 2007, MARTINAZZO, 2006). De forma geral, são misturas complexas de substâncias voláteis lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. Esses óleos não apresentam nenhuma relação com os óleos comestíveis, uma vez que não são ésteres de glicerol (MARTINAZZO, 2006). As características organolépticas podem ser dadas pelos componentes majoritários; em alguns casos, são outras substâncias presentes que lhe definem o sabor, o aroma ou as propriedades terapêuticas (ARAÚJO, 2004).

O teor varia de acordo com a idade, época do ano, solo ou clima onde a planta vive e podem ser encontrados com maior facilidade nas partes verdes, devido às rotas metabólicas da fotossíntese (BAKKALI et al., 2008).

Os maiores responsáveis pelo odor e aroma dos óleos essenciais são os compostos oxigenados representados por aldeídos, alcoóis, ésteres, éteres e cetonas (MARTINAZZO, 2006). De acordo com (SILVA et al., 1997) a quantidade de aldeídos nesses óleos é usada para medir sua qualidade.

Os óleos essenciais podem armazenar-se em todos os órgãos vegetais, como nas flores (cítricos), folhas (capim-limão, melissa), frutos (anis), cascas (canela), rizomas (gingibre), raízes (vetiver) e sementes (noz moscada). Ainda que todos os órgãos de uma mesma espécie possam conter óleo essencial, a composição deste pode variar segundo a sua localização, assim como de acordo com a época de coleta da planta, estágio de desenvolvimento, condições climáticas e do solo (BRUNETON, 2001; SIMÕES & SPITZER, 2003).

Simões & Spitzer (2003) também afirmam que geralmente a síntese e o acúmulo dos óleos essenciais se associam à presença de estruturas histológicas especializadas, encontradas frequentemente sobre ou nas proximidades da superfície das plantas, como células oleíferas, pelos secretores, canais e glândulas secretoras.

A sua utilização no setor industrial é abrangente nas variedades de óleos essenciais e seus componentes são utilizados na elaboração de produtos naturais, nas indústrias farmacêuticas, alimentícias e de cosméticos e perfumaria (CHARLES; SIMON, 1990).

2.5 Extração e análise de óleos essenciais

Na extração de óleos essenciais podem ser utilizadas várias técnicas, sendo as mais empregadas: extração por arraste a vapor, hidrodestilação, extração com solventes orgânicos, prensagem a frio e extração com fluído supercrítico. Nas extrações por arraste a vapor, utiliza-se água, que, aquecida, gera uma corrente de vapor que permeia o material que contém o óleo, forçando a quebra das frágeis bolsas intercelulares (MARTINAZZO, 2006). Tais bolsas se abrem e liberam o óleo essencial, cujas moléculas evaporam junto com o vapor d'água, passando por um condensador onde ocorre a condensação simultânea do óleo essencial, sendo coletado em um recipiente de decantação onde são separados (BRUNETON, 2001; SIMÕES; SPITZER, 2003).

A hidrodestilação é o método mais utilizado, dentro deste método o aparelho tipo Clevenger, é o principal aparelho usado em laboratórios, devido ao fácil manejo e baixo custo (ORLANDA, 2011).

Martinazzo (2006) descreve que na hidrodestilação, os materiais da planta são completamente emergidos em água e destilados. A temperatura não deve exceder 100° C, visando evitar a perda de compostos mais sensíveis. É o método mais antigo de destilação.

O aquecimento é responsável pela formação de vapor que arrasta os compostos a um condensador onde o hidrolato (mistura óleo + água) é recolhido e posteriormente separado (SIMÕES; SPITZER, 2003). A técnica da hidrodestilação para a extração de óleos essenciais de drogas vegetais com a utilização do Clevenger com modificações é recomendada pela Farmacopeia Brasileira IV (1998).

Na análise dos componentes dos óleos essenciais, a Cromatografia Gasosa (CG) tem sido usada na separação de um grande número de terpenos, como método de garantia de qualidade de materiais naturais, formulações e caracterização de novos óleos essenciais (LOCKWOOD, 2001).

A cromatografia é um método físico-químico de separação. Ela está fundamentada na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido a diferentes interações, entre duas fases imiscíveis, a fase móvel e a fase estacionária. A grande variedade de combinações entre fases móveis e estacionárias a torna uma técnica extremamente versátil e de grande aplicação (TOVAR, 2008).

Na análise dos componentes dos óleos essenciais, a Cromatografia Gasosa (CG) tem sido usada na separação de um grande número de terpenos, como método de garantia de qualidade de materiais naturais, formulações e caracterização de novos óleos essenciais (LOCKWOOD, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento, foi conduzido na Fazenda do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes, no município de Inconfidentes/MG, localizado no sul do estado de Minas Gerais (Brasil), tendo como coordenadas geográficas, latitude: 22° 18' 35" S e longitude: 46° 20' 08" W. Com altitude média de 905 m. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, é do tipo Cwb, apresentando duas estações definidas: seca de abril a setembro e chuvosa de outubro a março. A precipitação média anual é de 1.509 mm e a temperatura média de 20°C.

3.2 Material Vegetal

O experimento foi realizado com três espécies: *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf, *Cymbopogon nardus* (L) e *Vetiveria zizanioides* (L) Nash. As mudas utilizadas na montagem do experimento foram padronizadas com 20 cm de altura e cultivadas nos diferentes tratamentos.

3.3 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos constaram de três ambientes com diferentes coberturas de malhas fotoconversoras ChromatiNet® (50%) vermelha e azul, malha preta (50%) e em condição natural à do cultivo protegido. Esses tratamentos foram realizados para as três espécies de plantas medicinais em estudo (Figura 2A).

3.4 Condução do experimento

As plantas foram cultivadas em estufa agrícola (cultivo protegido) com cobertura de filme de polietileno de baixa densidade e com 120 μ m de espessura, sendo também utilizada para revestir o solo, facilitando o controle de plantas daninhas.

As mudas foram transplantadas para substrato comercial SLAB's composto por mistura de fibra de coco e casca de pinus e enriquecido com macronutrientes, na proporção de 500 gramas de 14-16-18 (NPK) por metro cúbico de substrato, sendo envolto por plástico com dimensões de 100 cm de comprimento por 35 cm de diâmetro, os quais foram perfurados a uma distância de 25 cm das extremidades, possibilitando duas plantas distanciadas de 50 cm por SLAB. Esse substrato apresenta as seguintes características físicas: umidade (60 %), capacidade de retenção de água (150 %), densidade na base seca (190Kg/m³), pH de 5,8 \pm 0,3 e condutividade elétrica de (1,8 \pm 0,3 mS/cm).

Os SLAB's foram distribuídos em duas linhas horizontais, formando duas paralelas distanciadas de 30 cm entre si e com seis SLAB's em cada linha no sentido do comprimento (Figura 2B), compondo canteiros de 6 m de comprimento por 1 m de largura, totalizando-se 24 plantas por canteiro.

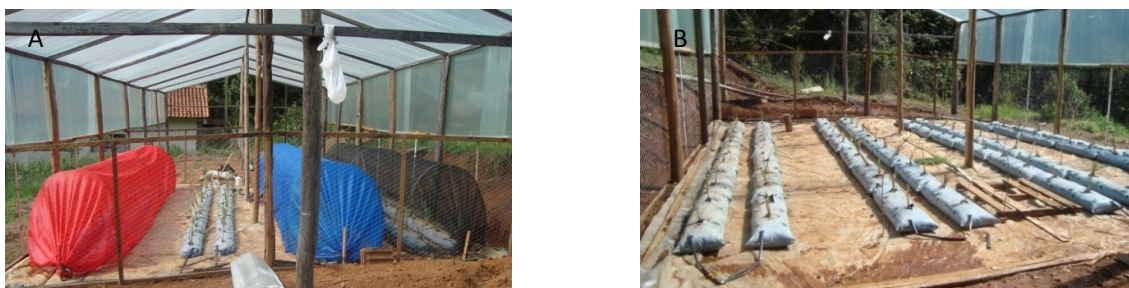


FIGURA 2 – Diferentes tratamentos em cultivo protegido (A); Distribuição dos SLAB's formando os canteiros e as tripas de fertirrigação passando através dos SLAB's (B). Fonte: Edison Clayton Pistelli.

A fertirrigação foi realizada a partir de tripas gotejadoras introduzidas (Figura 6) nos SLAB's, com os gotejadores possuindo distância de 0,20 m em todas as linhas paralelas ficando com pelo menos quatro gotejadores em cada SLAB's.

Foram realizadas irrigações três vezes por semana em um volume de 4,425 m³, durante todo o experimento. Após 60 dias do transplante iniciou-se a fertirrigação, sendo realizadas uma vez por semana, com o uso da formulação 6-12-36 (25g/100 plantas), acrescido de (25g/100 plantas) do adubo comercial Complex 151 (Tabela 3) e Ureia (50g/100 plantas), totalizando: 115,75g de (N), 61g de (P) e 126g de (K) por semana.

TABELA 3 - Teores de nutrientes no adubo comercial Complex 151.

COMPLEX 151					
Nitrogênio: 5%	Fósforo: 12%	Potássio: 18%	Cálcio: 2%	Magnésio: 2,5%	Enxofre: 5%
Boro: 1,5%	Cobre: 0,5%	Ferro: 0,1%	Manganês: 0,5%	Molibdênio: 0,2%	Zinco: 4%

3.5 Caracterização ambiental

As condições de temperatura, durante a condução do experimento nos meses de 20 de outubro a 22 de abril, estão apresentadas na Figura 3. No período, foi observada temperatura média máxima de 26,31° C no ambiente externo e 36,8° C interno, e mínimas de 15,74° C no externo e 18,27° C no interno, em relação ao cultivo protegido.

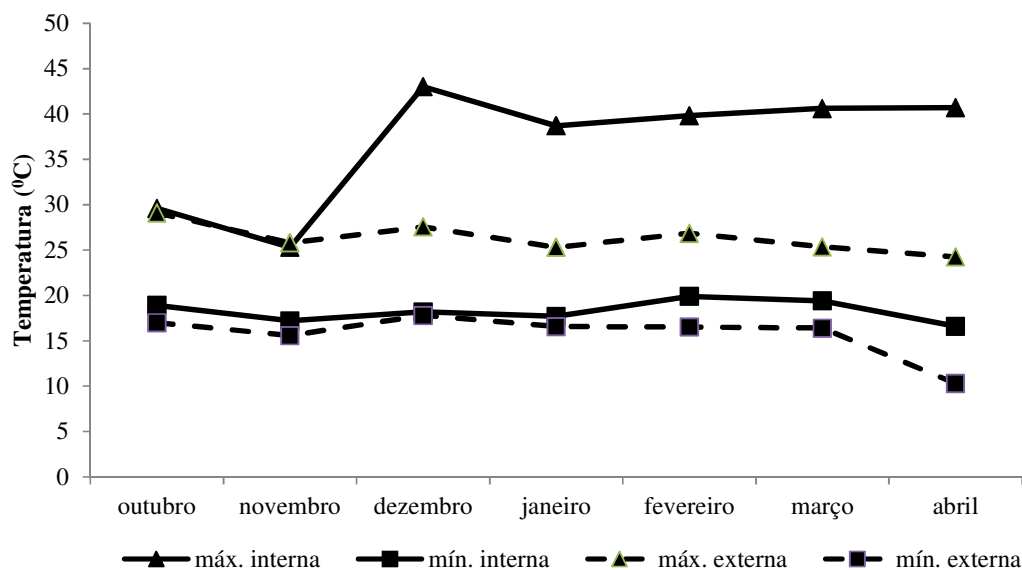


FIGURA 3 – Temperaturas médias (máximas e mínimas) do ambiente externo e interno do cultivo protegido

As condições de irradiância do tratamento com as plantas mantidas a cultivo protegido, bem como nos ChromatiNet's e na malha preta estão descritas na Figura 4, sendo medidas em dia ensolarado, entre 10 e 12 horas, com baixa ocorrência de nuvens.

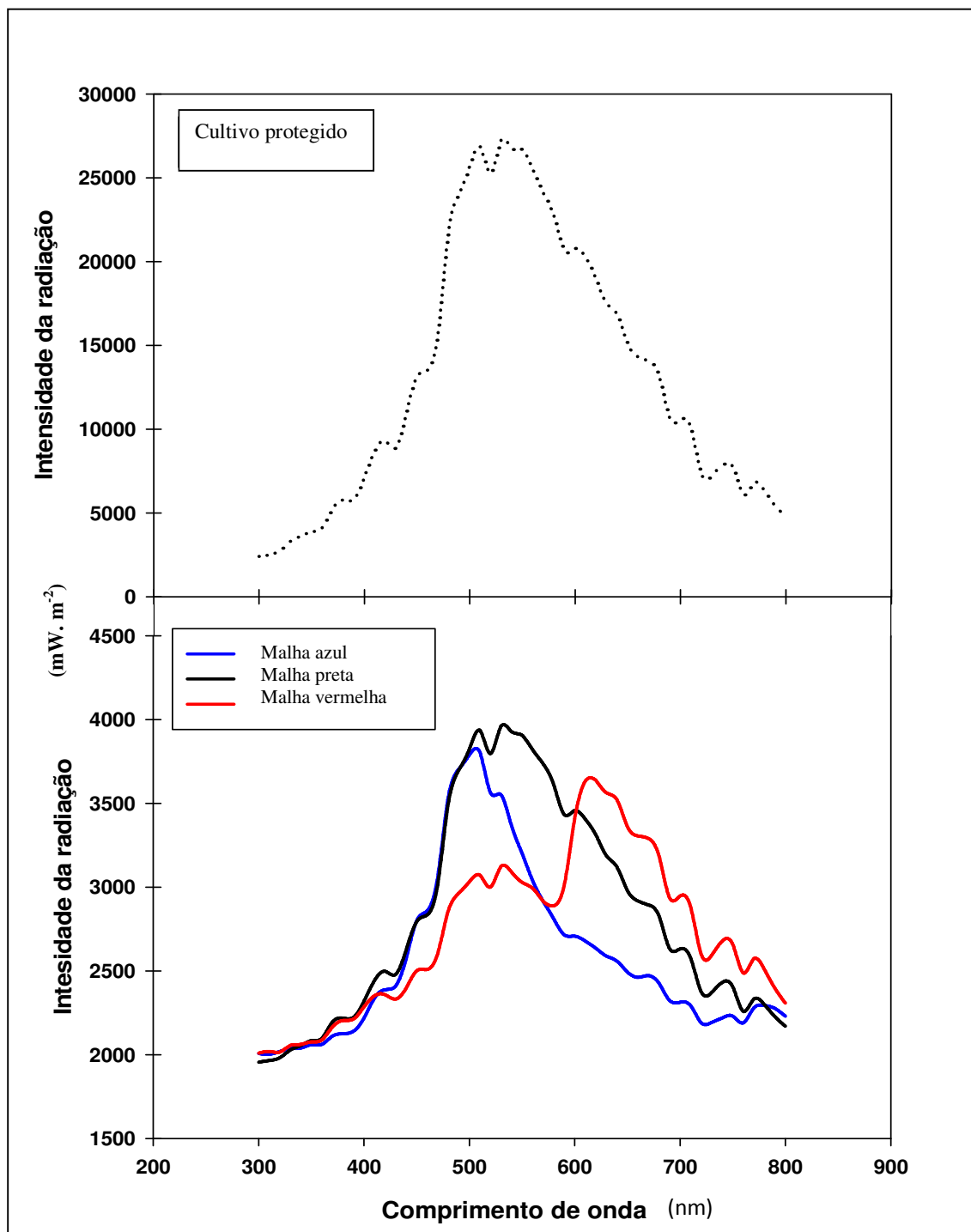


FIGURA 4 – Fonte: Dados obtidos através de um espectrorradiômetro (Luzchem, mod.SPR-4002). Intensidade de radiação em cada comprimento de onda nos quatro tratamentos: ChromatiNet's (50%) azul e vermelho, malha preta (50%) e cultivo protegido.

Foram realizadas três leituras no espectrorradiômetro (Luzchem, mod.SPR-4002) para cada tratamento (ChromatiNet's 50%, malha preta e cultivo protegido) sendo que cada leitura foi constituída de uma leitura de 1 minuto (de 15 em 15 segundos uma leitura era registrada totalizando 5 leituras por minuto).

A irradiância nos diferentes tratamentos foi medida usando solarímetro (Instrutherm/MES-100), em dia de pleno sol dentro do cultivo protegido às 11h30 da manhã (Figura 5), sendo realizadas quatro leituras em cada ambiente.

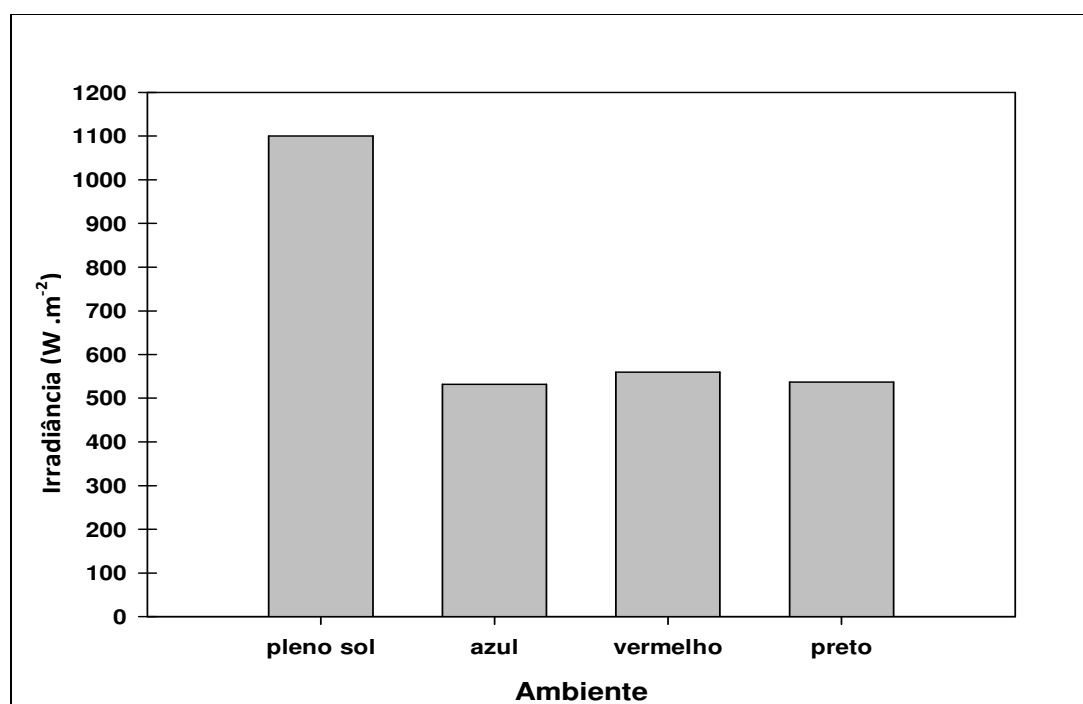


FIGURA 5 – Irradiância medida nos diferentes tratamentos (ChromatiNet's (50%) azul e vermelha, malha preta (50%) e cultivo protegido).

3.6 Avaliações

A - Dados fitotécnicos

Após 180 dias de cultivo, foram realizadas as seguintes avaliações de crescimentos das plantas: altura, massa fresca e seca da parte aérea.

B - Anatomia foliar

As plantas utilizadas nos estudos anatômicos foram coletadas e conservadas em álcool 70° GL. Os cortes das seções foliares foram realizados à mão livre. As seções transversais foram clarificadas em solução a 1 % de hipoclorito de sódio e, em seguida, lavadas em água destilada e coradas com o corante Safrablou. As lâminas foram montadas em glicerina 50 %, seguindo a metodologia descrita por Kraus & Arduin (1997). A partir das seções transversais, com o auxílio de ocular micrométrica, foram realizadas medições da espessura dos tecidos no terço mediano de cada folha. Os tratamentos foram compostos por quatro repetições com quatro plantas por parcela, sendo avaliada uma folha de cada parcela, totalizando 16 lâminas foliares por tratamento.

Os cortes paradérmicos foram realizados na face abaxial, na região mediana das folhas e a safranina hidroalcoólica 1% foi usada como corante na montagem das lâminas. O diâmetro polar e equatorial dos estômatos foi obtido com emprego de ocular micrométrica. As fotomicrografias foram realizadas utilizando-se um fotomicroscópio OLYMPUS BX – 60.

C - Pigmentos

Os teores de clorofila total e carotenoides foram avaliados em extrato obtidos após a maceração de 0,1 g de matéria fresca das folhas de capim-limão, citronela e vetiver. As amostras foram maceradas em AlmoFariz com cinco 5 ml de acetona (80 %), sendo o extrato filtrado e o volume completado para 10 ml, em sala escura mantida com luz verde. Leituras dos extratos foram realizadas nos comprimentos de ondas de 663 e 645 nm para clorofila *a* e *b* e carotenoides. O teor de clorofila total foi calculado conforme metodologia de Arnon (1949).

D - Fotossíntese e transpiração

Os parâmetros de trocas gasosas foram medidos através de um sistema portátil de fotossíntese (IRGA, Model LI-6400XT, Li-Cor, Lincoln, Nebraska, USA). Todas as medidas foram realizadas no período da manhã entre 9h e 11h em folha totalmente expandida em cada uma das três espécies, sendo as leituras realizadas no terço mediano das plantas. Os parâmetros avaliados foram taxa de fotossíntese foliar (P_n), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (Tr). As medidas foram feitas em uma área foliar de 6 cm^2 , fluxo de ar na câmara com uma concentração de CO_2 de $380 \mu\text{mol mol}^{-1}$. O ar foi coletado de fora do cultivo protegido e transportado para dentro de um galão de proteção e então, bombeado para a câmara. Foi utilizada uma densidade de fluxo de fótons (PPFD) de $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de uma fonte de luz red-blue LED e a temperatura foliar foi $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

E - Extração dos óleos essenciais

A hidrodestilação foi o processo usado para as extrações dos óleos essenciais nas três cultivares: *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus* e *Vetiveria zizanioides*. Foi utilizado o aparelho “Clevenger” com capacidade de 1000 ml. Foram cortadas em pedaços de aproximadamente 1 cm (Figura 6A) Foram usadas amostras de 200g das folhas de capim-limão e citronela e do sistema radicular do vetiver (figura 6B); em seguida foram colocados sobre os materiais vegetais picados um volume de aproximadamente 600 ml de “Nitrogênio Líquido” (Figuras 6 C e D), conforme metodologia descrita por (MEJDOUB; KATSIOTIS, 1998). Após a cristalização do material vegetal, as amostras foram colocadas em um copo de liquidificador e trituradas em velocidade máxima por aproximadamente dois minutos (Figura 6E); as partículas ainda cristalizadas foram introduzidas no balão de fundo redondo (Figuras 6 F e G), sendo adicionados 600 ml de água destilada e acoplada ao Clevenger, (Figura 5H) e colocado na manta aquecedora (Figura 6 I), equipamento montado, iniciando o processo de extração por um período de 90 minutos.

Os óleos essenciais foram colocados em frascos de vidro âmbar com tampa de rosca com capacidade de 30 ml, etiquetados com as nomenclaturas de cada uma das cultivares e dos tratamentos e armazenados em geladeira a 4°C .

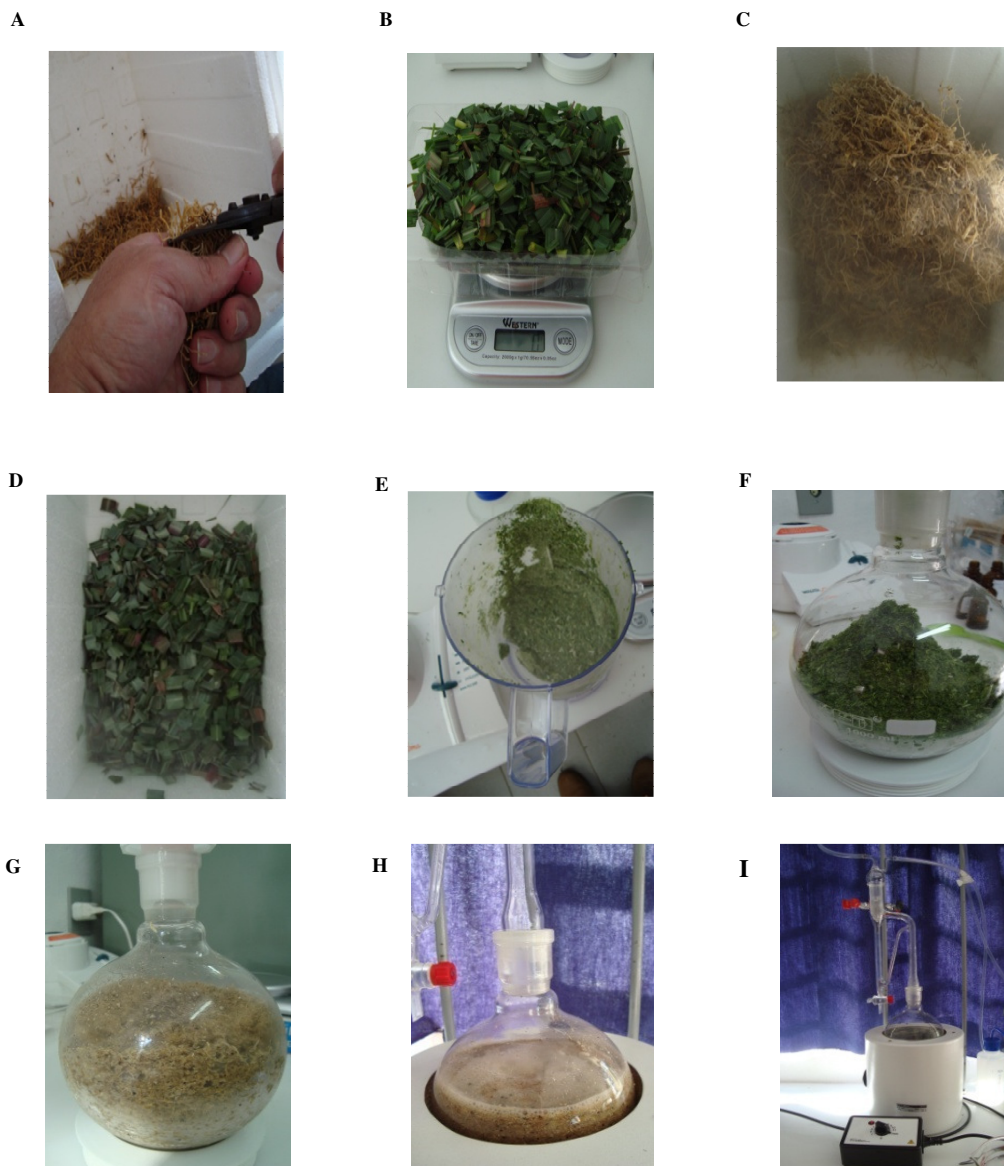


FIGURA 6 – A) sistema radicular de vetiver; B) amostras de 200g das folhas; C e D) plantas cortadas em pedaços de aproximadamente 1 cm; e colocadas em Nitrogênio Líquido; E) amostras colocadas em um copo de liquidificador; F e G) partículas ainda cristalizadas foram introduzidas no balão de fundo redondo; H) adição de 600 ml de água destilada no balão do Clevenger; I) hidrodestilação.

F – Cromatografia

As análises foram realizadas por Cromatografia Gasosa e acopladas ao espectro de massa (CG-EM) para que fossem quantificados e identificados (avaliados) os constituintes de cada uma das espécies cultivadas: *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus* e *Vetiveria zizanioides*. Foi utilizado um instrumento cromatógrafo a gás modelo 7890, acoplado espectro de massa, modelo CG-EM (Agilent Technologies, modelo HP5975, EUA), equipado com

coluna capilar (modelo HP5MS 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm de espessura de filme). O gás de arraste utilizado foi o hélio a 1,0 mL/min. As temperaturas do injetor e do detector no forno foram 40° C por 2 min, e com 280° C por 5° C/min e de 280° C por 10 min com (t_R^{-2}) igual a 60 minutos. As amostras foram preparadas através de uma diluição de acetato de etila volume injetado 0,1 µL. O espectrômetro de massas tipo quádruplo linear (Agilent Technologies, modelo HP 5975, EUA) operou com um impacto eletrônico de EI (70 e V). Para a identificação dos compostos detectados no cromatogramas da amostra, utilizou-se a base de dados de espectro de massa NIST11. Foram considerados compostos majoritários os constituintes que apresentaram porcentagem relativa de áreas de pico acima de 5 %, independente da condição experimental.

G - Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso (DBC) com parcela subdividida no espaço, em faixas compostas pelos diferentes comprimentos de onda (cultivo protegido, azul, vermelho e preto). Estes tratamentos foram realizados com os três genótipos (citronela, capim-limão, vetiver), com quatro repetições e duas plantas por parcela. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico SISVAR 4.3. (FERREIRA, 2011), sendo as médias comparadas pelo Teste Scott & Knott, a 5 % significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características fitotécnicas

Houve efeitos significativos ($p < 0,05$) dos fatores em estudo para comprimento da parte aérea, massa seca da planta, teor e rendimento de óleo para as espécies em estudo (Tabela 4 ABC). Maior comprimento da parte aérea foi observado com as plantas crescendo no ambiente composto por telado Vermelho (Tabela 4 ABC) para citronela (1,76 m), capim-limão (1,36 m) e vetiver (2,08 m).

As plantas de citronela apresentaram maior massa seca quando mantidas em cultivo protegido (Tabela 4A). Para a variável massa seca da parte aérea, melhor desempenho foi observado no vermelho e cultivo protegido para vetiver (Tabela 4C). Para capim-limão maior massa seca (0,74 kg) foi observada no ambiente de cultivo protegido (Tabela 4 B). De maneira geral, o maior comprimento da parte aérea não resultou em maior massa seca (Tabela 4 ABC). O maior acúmulo de Biomassa seca para os diferentes genótipos, foi observado com as plantas mantidas a cultivo protegido (Tabela 4 C).

TABELA 4 – Comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da parte aérea (MSPA), teor e rendimento de óleo essencial nos diferentes tratamentos.

A				
CITRONELA				
Parâmetros	Comprimentos de onda			
	Cultivo protegido	Preto 50%	Azul 50%	Vermelho 50%
CPA(m)	1,31 C	1,60 B	1,36 C	1,76 A
MSPA (kg)	0,42 A	0,14 C	0,07 C	0,28 B
Teor (mL 100g MF ⁻¹)	1,50 A	1,07 B	1,00 B	1,00 B
Rendimento planta ⁻¹ (g)	24,52 A	4,97 C	2,48 D	11,05 B
B				
CAPIM-LIMÃO				
Parâmetros	Comprimentos de onda			
	Cultivo protegido	Preto 50%	Azul 50%	Vermelho 50%
CPA	1,24 B	1,28 B	1,24 B	1,36 A
MSPA (kg)	0,74 A	0,20 B	0,29 B	0,29 B
Teor (mL 100g MF ⁻¹)	1,25 A	0,65 B	0,50 B	0,45 B
Rendimento planta ⁻¹ (g)	32,29 A	7,13 B	6,60 B	6,28 B
C				
VETIVER				
Parâmetros	Comprimentos de onda			
	Cultivo protegido	Preto 50%	Azul 50%	Vermelho 50%
CPA (m)	1,68 C	1,73 C	1,84 B	2,08 A
MSPA (Kg)	0,56 A	0,25 B	0,22 B	0,45 A
Teor (mL 100g MF ⁻¹)	0,40 A	0,40 A	0,25 B	0,50 A
Rendimento planta ⁻¹ (g)	5,11 B	3,19 C	1,83 D	7,37 A

Médias seguidas pela letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott & Knott, a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$).

Costa et al. (2010) trabalhando com plantas de *Ocimum selloi* (elixir paregórico), crescendo sob malhas fotoconversoras, verificaram maior crescimento da parte aérea sob as malhas do vermelho e do azul. Estes resultados concordam em partes com o obtido no presente trabalho, que verificou maior crescimento em plantas mantidas no ambiente vermelho (Tabela 4 ABC). Este comportamento pode estar relacionado com a interação entre a radiação e o sistema de receptores luminosos compostos pelos fitocromos, os quais ativam certos genes que conduzem ao desenvolvimento e à diferenciação das plantas, possibilitando que a maior parte de recursos seja alocada para o crescimento em altura (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Alguns autores, trabalhando com plantas medicinais, relatam que o maior acúmulo de massa seca ocorre a pleno sol. Chang et al. (2008) verificaram que o maior acúmulo de massa seca em plantas de *Ocimum basilicum* (manjeriço) ocorreu a pleno sol. Respostas semelhantes foram observadas em *Mentha arvensis* (CHAGAS et al., 2010) e

Ocimum selloi (COSTA et al., 2010). Provavelmente, estes resultados são devidos ao comportamento fotossintético das plantas em relação à intensidade luminosa. O aumento da intensidade luminosa, observado nas plantas mantidas a pleno sol quando comparado com as mantidas em malhas fotoconversoras, promove maiores taxas fotossintéticas e como consequência maior acúmulo de biomassa seca (LIMA et al.; 2011; SILVA et al., 2006).

As plantas de citronela e capim-limão mantidas a cultivo protegido apresentaram maior teor de óleo essencial (Tabela 4 AB). Este fato em conjunto com o maior acúmulo de biomassa seca verificado nesses tratamentos, pode proporcionar maior rendimento de óleo por planta (Tabela 4 AB). Houve tendência de redução no teor de óleo essencial para as plantas de citronela e capim-limão quando mantidas nos ambientes preto, azul e vermelho (Tabela 4 AB).

O mesmo comportamento não foi observado para as plantas de vetiver, que apresentaram o mesmo teor de óleo essencial nos ambientes a cultivo protegido, preto e vermelho (Tabela 4C). Menor rendimento de óleo essencial foi observado para as plantas de vetiver mantidas no ambiente azul (Tabela 4C).

Em plantas de carqueja (*Bacharis trimera*), o aumento do nível de irradiância luminosa causou a tendência de acréscimo no teor de óleo essencial e elevou consideravelmente o conteúdo por planta (SILVA et al., 2006). Comportamento semelhante foi observado em plantas de *Lippia alba* (VENTRELA & MING, 2000), *Hyptis suaveolens* (MAIA, 2006), *Achillea millefolium* L. (FERRAZ, 2011). Estes resultados estão de acordo com os obtidos no presente estudo para a citronela e capim-limão, onde o aumento da intensidade luminosa promoveu maior teor de óleo essencial.

Rosal (2008) relatou que o ambiente com 50% de sombreamento, independente da coloração da malha (azul, vermelha ou preta) promoveu maior rendimento de óleo de *Plectranthus neochilus* quando comparado com as plantas mantidas a cultivo protegido.

Rodrigues (2007) relatou que entre os fatores climáticos, a luz e a temperatura, na maioria dos vegetais, são os que mais interferem nos processos metabólicos da planta para produção e acúmulo de princípios ativos.

Amaral (2007) relatou que não houve influência da intensidade e tampouco na qualidade espectral nos teores de *Mentha suaveolens*. Entretanto, no estudo de Martins (2006), houve maior teor de óleo essencial de *Ocimum gratissimum* L. em plantas cultivadas sob malha azul, quando comparadas com as cultivadas sob malha vermelha e no cultivo protegido. Enquanto, menor teor de óleo essencial em vetiver foi observado nas plantas cultivadas sob malha azul (Tabela 4 C). Estes resultados apontam que não existe consenso em

relação à intensidade ou qualidade do espectro luminoso e a produção de óleo essencial em plantas medicinais, o que pode ser devido à variabilidade das espécies que respondem de forma distinta aos estímulos ambientais.

4.2 Características anatômicas

A espessura da epiderme abaxial e adaxial (Tabela 5 ABC) não apresentou efeitos significativos ($p > 0,05$) para os fatores em estudo. A epiderme abaxial apresentou espessura de 10,03 μm e a adaxial de 11,45 μm .

Maia (2006) não observou diferença significativa na espessura das epidermes abaxial e adaxial em plantas *Hyptis suaveolens* (alfavacão). Resultados semelhantes foram obtidos em *Ocimum gratissimum* e *Ocimum selloi* (MARTINS, 2006; COSTA et al., 2010).

O mesofilo foliar apresentou efeitos significativos ($p < 0,05$) para a interação dos fatores em estudo (Tabela 5ABC e Figura 7). A combinação citronela em ambiente azul promoveu a menor espessura do mesofilo foliar (Tabela 5A e Figura 7), sendo que não houve diferença estatística entre os demais ambientes. O capim-limão apresentou menor espessura do mesofilo no ambiente vermelho, quando comparado com os outros tratamentos (Tabela 5B e Figura 7). Maior espessura do mesofilo foi observada no ambiente cultivo protegido para as plantas de vetiver (Tabela 5 C e Figura 7). Estes dados evidenciam a interação genótipo e ambiente.

As plantas podem apresentar variações na sua anatomia foliar em função da intensidade luminosa no ambiente onde ocorre o seu cultivo. Estudos demonstram que o aumento da intensidade luminosa das plantas mantidas a pleno sol, promove maior espessura foliar, quando comparadas plantas cultivadas em malhas que promovem a diminuição da luminosidade em 50%, independente da cor das malhas fotoconversoras (COSTA et al., 2010; MAIA, 2006; MARTINS, 2006).

TABELA 5 – Espessura das epidermes adaxial e abaxial, mesofilo foliar, diâmetros polar e equatorial dos estômatos e densidade estomática, nos diferentes tratamentos.

A		Citronela			
		Comprimentos de onda			
Parâmetros	Cultivo protegido	Preto 50%	Azul 50%	Vermelho 50%	
Espessura Adaxial (μm) ^{NS}	10,03 A	10,03 A	10,03 A	10,03 A	
Espessura Abaxial (μm) ^{NS}	10,03 A	10,03 A	13,37 A	10,03 A	
Mesofilo Foliar (μm)	157,13 A	153,79 A	100,30 B	147,10 A	
Diâmetro Polar (μm) ^{NS}	21,94 A	22,75 A	19,50 A	20,16 A	
Diâmetro equatorial (μm) ^{NS}	15,43 A	14,63 A	14,63 A	13,01 A	
Densidade Estomática (mm^{-2}) ^{NS}	1200,10 A	1210,30 A	1198,15 A	1225,25 A	
B		Capim-limão			
		Comprimentos de onda			
Parâmetros	Cultivo protegido	Preto 50%	Azul 50%	Vermelho 50%	
Espessura Adaxial (μm) ^{NS}	10,03 A	10,03 A	10,03 A	10,03 A	
Espessura Abaxial (μm) ^{NS}	10,03 A	10,03 A	13,37 A	10,03 A	
Mesofilo Foliar (μm)	264,12 A	267,46 A	264,12 A	193,91 B	
Diâmetro Polar (μm) ^{NS}	26,01 A	29,26 A	30,88 A	30,88 A	
Diâmetro equatorial (μm) ^{NS}	23,56 A	22,75 A	21,12 A	21,94 A	
Densidade Estomática (mm^{-2}) ^{NS}	815,54 A	780,66 A	801,51 A	793,52 A	
C		Vetiver			
		Comprimentos de onda			
Parâmetros	Cultivo protegido	Preto 50%	Azul 50%	Vermelho 50%	
Espessura Adaxial (μm) ^{NS}	10,03 A	10,03 A	10,03 A	10,03 A	
Espessura Abaxial (μm) ^{NS}	13,37 A	10,03 A	10,03 A	10,03 A	
Mesofilo Foliar (μm)	427,94 A	224,00 C	344,36 B	337,67 B	
Diâmetro Polar (μm) ^{NS}	25,19 A	26,82 A	28,43 A	24,38 A	
Diâmetro equatorial (μm) ^{NS}	17,07 A	15,44 A	15,44 A	14,63 A	
Densidade Estomática (mm^{-2}) ^{NS}	415,27 A	407,34 A	395,31 A	402,17 A	

Médias seguidas pela letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott & Knott, a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$). Não significativo a 5% de probabilidade (NS).

Estes resultados concordam com os observados por Lee et al. (2000), que afirmaram que alterações na qualidade de luz não afeta a espessura ou estrutura do mesofilo foliar. Entretanto, esses resultados não concordam com os obtidos no presente trabalho, no qual houve uma interação entre as malhas fotoconversoras e as espécies de plantas medicinais (Tabela 5ABC), onde se verificou diminuição da espessura foliar de citronela e capim-limão, nos ambientes azul e vermelho, respectivamente, e aumento da espessura do mesofilo no ambiente preto em plantas de vetiver, demonstrando a plasticidade das plantas medicinais aos diferentes comprimentos de onda. Rosal (2008) relatou maior espessura do mesofilo foliar de plantas de *P. neochilus* cultivadas em ambiente como malha fotoconversora preta e azul quando comparada com a vermelha.

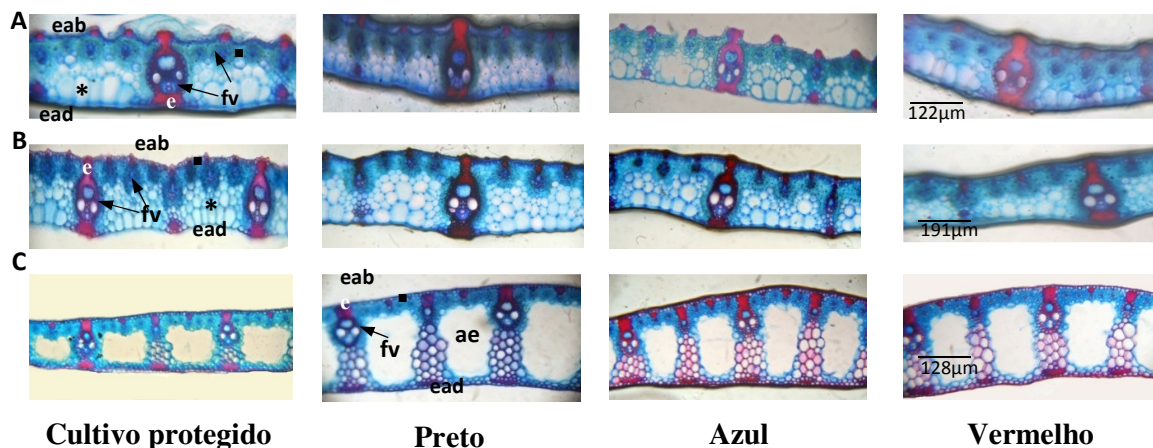


FIGURA 7 - Cortes transversais em folhas de citronela (A); capim-limão (B) e vetiver (C) cultivadas no cultivo protegido e em diferentes malhas fotoconversoras (Preto, Azul e Vermelho). Parênquima clorofiliano (*); Células buliformes (*); Esclerênquima (e); Feixe vascular (fv); Aerênquima (ae); Epiderme abaxial (eab) e Epiderme adaxial (ead).

As dimensões dos estômatos, ou seja, os diâmetros polares (DP) e equatoriais (DE) não apresentaram efeitos significativos ($P > 0,05$). Para as diferentes plantas medicinais, o DP variou de 21 – 29 μm e o DE de 14,42 – 26,36 μm (Tabela 5 ABC e Figura 8). Entretanto, foi observada a tendência do DP ser maior que o DE (Tabela 5 ABC), para todos os genótipos, o que revela um formato mais elíptico dessa estrutura. Alguns estudos afirmam que o formato elíptico está relacionado com estômatos mais funcionais, quando comparados com os estômatos com formato arredondado.

Khan et al. (2002) relataram que quanto maior a relação diâmetro polar/equatorial, ou seja, de formato mais elipsoide, são característicos de estômatos funcionais, enquanto a forma arredondada está associada a estômatos que não apresentam funcionalidade normal. Este comportamento em relação à forma do estômato foi também observado em plantas de *O. grandissimum*, *H. suaveolens*, *A. comosus* (MARTINS 2006; MAIA 2006; SILVA et al., 2008).

A densidade estomática não apresentou efeito significativo ($p > 0,05$) em relação aos diferentes genótipos (Tabela 5 ABC e Figura 8). O número de estômatos foi encontrado na citronela (1240 estômatos mm^{-2}), sendo acompanhado pelo capim-limão (806,6 estômatos mm^{-2}) e vetiver (409,46 estômatos mm^{-2}).

Existem relatos em que o aumento de intensidade luminosa no ambiente de cultivo pode promover um incremento na densidade estomática das plantas (MAIA, 2006; MARTINS, 2006; HANBA et al., 2002). Entretanto, este comportamento não foi observado no presente trabalho.

Estudos têm demonstrado uma correlação positiva entre a densidade estomática e a fotossíntese (CASTRO 2002; KUNDU & TIGERSTEDT, 1999), onde o aumento na densidade estomática pode possibilitar que a planta incremente a condutância dos gases (WIEBEL et al.; 1994) e evite que a fotossíntese seja limitada sob as diferentes condições ambientais.

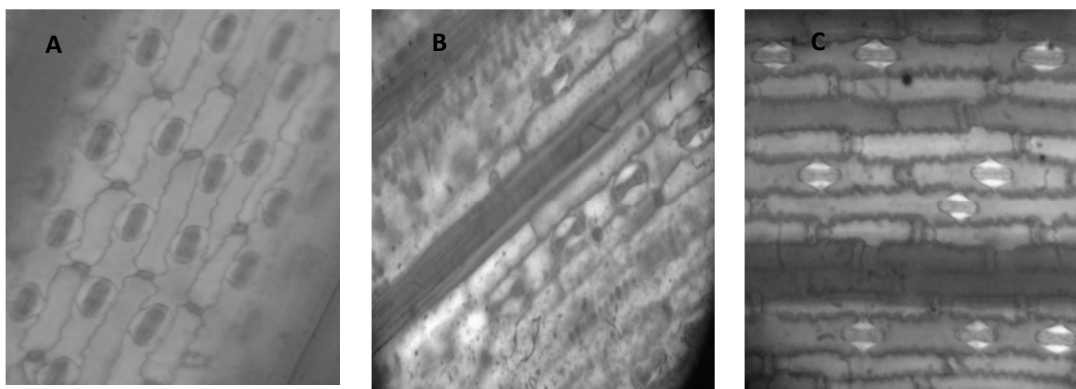


FIGURA 8 - Cortes paradérmicos em folhas de citronela (A); capim-limão (B) e vetiver (C). Estômatos dispostos linearmente ao longo da folha, apresentando formato de halteres característico de Poaceae.

4.3 Pigmentos e características fisiológicas

Maior conteúdo de clorofila *a* foi observado para as plantas de citronela, mantidas no ambiente preto, e a clorofila *b* apresentou maior conteúdo nos ambientes preto e vermelho (Tabela 6 A). As plantas de capim-limão apresentaram maior conteúdo de clorofila *a* e *b* quando mantidas em cultivo protegido (Tabela 6 B)

Plantas de vetiver apresentaram maior conteúdo de clorofila *a* quando mantidas nos ambientes do preto e vermelho (Tabela 6 C). Em contrapartida, o vetiver teve o menor conteúdo de clorofila *b*, no cultivo protegido, quando comparado com os demais tratamentos (Tabela 6 C).

O ambiente azul apresentou a tendência de promover redução do conteúdo de clorofila *a* e *b* (Tabela 6 A) para as plantas de citronela. Este fato pode ter contribuído para a queda da taxa fotossintética observado no mesmo tratamento (Tabela 6 A). Entretanto, este comportamento não foi observado nas plantas de capim-limão e vetiver (Tabela 6 BC).

Apesar das plantas de capim-limão apresentar tendência de redução no conteúdo de clorofila *a* e *b*, quando comparado ao tratamento a cultivo protegido (Tabela 6 B), não foi observado queda na taxa de fotossíntese (Tabela 6 B).

TABELA 6 – Clorofila *a* e *b*, carotenoides, fotossíntese (P_n), condutância estomática (Gs) e transpiração (Tr), nos diferentes tratamentos.

A		Citronela			
Parâmetros	Comprimentos de onda				
	Cultivo protegido	Preto 50%	Azul 50%	Vermelho 50%	
Clorofila <i>a</i> (µg. g folha ⁻¹)	6,13 B	7,86 A	3,22 C	4,04 C	
Clorofila <i>b</i> (µg. g folha ⁻¹)	5,26 B	7,02 A	4,60 B	6,77 A	
Carotenoides (µg. g folha ⁻¹) ^{NS}	3,16 A	2,98 A	2,87 A	3,14 A	
P _n (µmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	15,62 A	16,01 A	2,92 B	13,54 A	
Gs (mol m ⁻² s ⁻¹)	0,14 A	0,16 A	0,02 C	0,10 B	
Tr (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	1,93 A	1,84 A	0,32 B	1,83 A	
B		Capim-limão			
Parâmetros	Comprimentos de onda				
	Cultivo protegido	Preto 50%	Azul 50%	Vermelho 50%	
Clorofila <i>a</i> (µg. g folha ⁻¹)	7,47 A	4,40 B	4,23 B	4,23 B	
Clorofila <i>b</i> (µg. g folha ⁻¹)	6,75 A	5,73 B	5,30 B	5,70 B	
Carotenoides (µg. g folha ⁻¹) ^{NS}	2,70 A	2,50 A	2,66 A	2,82 A	
P _n (µmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	16,32 A	12,90 B	11,66 B	10,25 B	
Gs (mol m ⁻² s ⁻¹)	0,16 A	0,13 A	0,08 B	0,11 B	
Tr (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	1,75 B	1,79 B	1,34 C	2,35 A	
C		Vetiver			
Parâmetros	Comprimentos de onda				
	Cultivo protegido	Preto 50%	Azul 50%	Vermelho 50%	
Clorofila <i>a</i> (µg. g folha ⁻¹)	1,54 B	2,78 A	1,98 B	2,60 A	
Clorofila <i>b</i> (µg. g folha ⁻¹)	1,50 B	3,48 A	2,77 A	2,82 A	
Carotenoides (µg. g folha ⁻¹) ^{NS}	2,33 A	2,42 A	2,22 A	2,35 A	
P _n (µmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	10,25 A	6,20 B	11,77 A	9,67 A	
Gs (mol m ⁻² s ⁻¹)	0,11 A	0,09 B	0,15 A	0,11 A	
Tr (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	1,65 B	1,09 C	1,99 A	1,53 B	

Médias seguidas pela letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott & Knott, a 5% de probabilidade (P≤0,05). Não significativo a 5% de probabilidade (NS).

As plantas de vetiver crescendo a cultivo protegido apresentaram redução do conteúdo das clorofilas *a* e *b* (Tabela 6 C). Entretanto, este fato não promoveu a queda da taxa fotossintética do vetiver mantido em cultivo protegido (Tabela 6 C).

Alguns estudos relatam maiores teores de clorofilas em plantas sombreadas em relação às de Cultivo protegido, evidenciando que a intensidade e a qualidade de radiação influenciam fortemente os teores de pigmentos (MARTINS et al., 2010; SOUZA et al., 2010). Esta tendência foi observada nas plantas de vetiver (Tabela 6 C), sendo também notada nas plantas de citronela cultivadas sob malha Preta (Tabela 6 AB). Segundo Taiz & Zeiger

(2004), as clorofilas são constantemente sintetizadas e destruídas na presença de luz, entretanto, em ambientes com maior irradiância ou intensidade luminosa a velocidade de decomposição é mais elevada. No presente estudo, nos demais tratamentos realizados em plantas de citronela e capim-limão, houve a tendência dos teores de clorofila, das plantas mantidas em ambiente sombreado, serem inferiores ou estatisticamente iguais às plantas mantidas em cultivo protegido, com exceção do teor de clorofila **b** das plantas de citronela, mantidas em ambiente do vermelho (Tabela 6 AB). Lima et al. (2010) observou maiores teores de clorofila **a** e **b** em plantas de antúrio cultivadas em ambiente com malha termorefletora quando comparada a malhas coloridas com sombreamento de 50%.

Foi observada a tendência da relação da clorofila **a e b** diminuir nas plantas mantidas em ambiente composto por malhas refletoras (Tabela 6 ABC). Isso provavelmente é devido a um mecanismo compensatório que permite que as plantas em ambiente sombreado absorvam mais luz devido a maior concentração de clorofila **b**, resultando em menor queda da taxa fotossintética (CARDOSO et al., 2005; CRITCHLEY, 1999).

O conteúdo de carotenoides não apresentou efeito significativo ($p>0,05$), apresentando média variando de 2,30 – 3,16 $\mu\text{g. g folha}^{-1}$ (Tabela 6 ABC). Segundo Taiz & Zeiger (2004), os carotenoides funcionam como protetores das clorofilas a foto-oxidação por excesso de luz.

As plantas de citronela mantidas no ambiente azul apresentaram o menor desempenho fotossintético foliar (Tabela 6 A), bem como menor condutância estomática (Tabela 6 A), o que contribuiu para o menor acúmulo de biomassa seca (Tabela 4 A). Nos demais ambientes (cultivo protegido, preto e vermelho) não foram notadas diferenças significativas com relação à fotossíntese (Tabela 6 A).

Para as plantas de capim-limão, foi observada maior fotossíntese no ambiente do cultivo protegido quando comparado com os demais ambientes (Tabela 6 B), sendo que houve tendência de maior condutividade estomática neste ambiente (Tabela 6 B), ambos os fatos promoveram, ao longo do tempo, maior acúmulo de biomassa seca (Tabela 4 B). Isso pode ser explicado, provavelmente, devido à redução da radiação que foi observada nos diferentes ambientes compostos por malhas fotoconversoras (Figura 4), que resultou em queda na fotossíntese. Entretanto, esta não foi uma tendência notada para as plantas de vetiver e citronela (Tabela 6 AC).

Plantas de vetiver mantidas no ambiente preto apresentaram menor fotossíntese, bem como menor condutância estomática quando comparada com os demais tratamentos (Tabela 6 C). Este fato pode ter contribuído para o menor acúmulo de massa seca observado nesta condição (Tabela 4 C).

O acúmulo de biomassa pelas plantas é determinado por vários fatores, incluindo a área foliar, a capacidade fotossintética individual das folhas e a disponibilidade de nutrientes no solo (LARCHER, 2006). Deste modo, os ganhos de biomassa e o crescimento das plantas estão fortemente relacionados à atividade fotossintética, o que pode explicar em termos o bom desempenho fotossintético, bem como o acúmulo de biomassa seca das plantas mantidas a cultivo protegido.

Saraiva (2013) trabalhando com plantas de Guanandi (*Calophyllum brasiliensis*) observou que as plantas mantidas a cultivo protegido apresentaram maiores taxas fotossintéticas quando comparadas com as plantas em ambiente preto, azul e vermelho. Entretanto, Souza et al. (2011) não observou diferenças no desempenho fotossintético de plantas de Guaco (*Mikania laevigata*) submetidas aos ambientes de pleno sol, cinza, azul e vermelho.

Oren-Shamir et al. (2001) relataram maiores taxas fotossintéticas das plantas de *Pittosporum* ocorrerem em plantas crescidas sob a malha cinza. Segundo esses autores, essas taxas fotossintéticas poderiam depender em parte do nível da variação foliar, ou seja, com mais variação significa menos área verde. Assim a malha cinza causou menos variação e altas taxas fotossintéticas, enquanto mais variação e menos taxas ocorreram sob a malha azul.

Em trabalho realizado em *Convallaria majalis*, uma espécie C_3 do tipo sombra, a luz azul aumentou atividade fotossintética nestas plantas quando comparada com a luz vermelha (BUKHOV et al., 1995). Segundo estes autores, a qualidade de luz afeta a curva de fotossíntese de maneira complexa e depende em parte da origem ecológica da planta. A intensidade e a qualidade de luz são de significância considerável para a conversão da energia química no processo fotossintético, como também para alguns efeitos morfogênicos, os quais podem ser observados pelas variações no tamanho das folhas. Além disso, a plasticidade adaptativa das espécies, associada ao acúmulo de biomassa depende do ajuste de seu aparelho fotossintético e estão sujeitos às diferentes condições de radiação solar (ATTRIDGE, 1990).

No ambiente do azul, foi observado menor condutância estomática e fluxo transpiratório para as plantas de citronela (Tabela 6 A). Este resultado não era esperado, uma vez que, de acordo com a literatura, existe a maior eficiência da luz azul (440 nm) na

estimulação da abertura estomática e isso se deve às células-guarda possuírem um fotorreceptor específico para luz azul (ASSMANN & SHIMAZAKI, 1999).

De maneira semelhante à anterior foi observada menor condutividade estomática para as plantas de vetiver mantidas em sombrite preto (Tabela 6 C). Ambos os fatos podem ter contribuído para a redução do metabolismo prioritário, bem como queda na taxa fotossintética (Tabela 6C). Para os demais ambientes (cultivo protegido, preto e vermelho) em relação à condutância estomática, os tratamentos apresentaram valores que variaram entre 0,08 – 0,16 mol m⁻²s⁻¹ (Tabela 6 C).

Maior transpiração foi observada em plantas de capim-limão mantidas no ambiente vermelho (Tabela 6 B). Os demais tratamentos, nas diferentes espécies, apresentam transpiração entre 0,32 – 1,99 mmol H₂O m⁻²s⁻¹. A transpiração seguiu uma tendência semelhante à condutância estomática, ou seja, os menores valores de condutância estomática observada nas plantas citronela e vetiver mantidas no ambiente azul e vermelho, respectivamente, resultaram em menor transpiração (Tabela 6 AC). Esta correlação entre condutância estomática e transpiração tem sido relatada em alguns trabalhos (TATAGIBA et al., 2007; ROZA, 2010; SCHOCK, 2012).

4.4 Composição química do óleo essencial

As plantas de citronela apresentaram alguns compostos majoritários (Tabela 7 A). O Dimetil Octenal, Citronelol e o Geraniol foram encontrados nas plantas crescendo em diferentes ambientes de cultivo. Nas plantas crescendo em praticamente todos os ambientes de cultivo foi observado o Acetato de Geranila, com exceção do ambiente azul (Tabela 7A).

Os compostos Citronelol, Acetato de Geranila, Geraniol e Dimetil Octenal foram encontrados nas plantas de capim-limão, sendo compostos comuns também encontrados em citronela (Tabela 7 AB). No entanto, não foi observada nenhuma tendência desses compostos comuns, verificados em citronela e capim-limão, necessitarem de um dado ambiente para sua produção, ou ainda, de maneira contrária em ambiente onde não é verificada a sua ocorrência (Tabela 7 AB).

TABELA 7 – Compostos majoritários nas diferentes plantas medicinais.

A		Citronela			
Constituintes	Comprimentos de onda				
	t_R^2	Cultivo protegido	Preto	Azul	Vermelho
Dimetil Octenal	15,75	50,41	32,97	32,47	33,89
Citronelol	17,86	5,18	9,26	10,16	9,45
Geraniol	18,65	10,68	16,38	18,08	17,29
Acetato de Geranila	22,07	5,96	6,89	ND	6,79
Total		72,23	65,50	60,71	67,42
B		Capim-limão			
Constituintes	Comprimentos de onda				
	t_R^2	Cultivo protegido	Preto	Azul	Vermelho
Mirceno	10,73	ND	ND	9,23	10,41
Citral	19,14	10,54	ND	43,91	44,73
Dimetil Octenal	15,73	27,89	ND	ND	ND
Citronelol	17,87	7,51	8,46	ND	ND
Geraniol	18,67	14,45	15,73	ND	ND
Acetato de Geranila	22,06	5,21	6,11	ND	ND
Total		65,60	30,30	53,14	55,14
C		Vetiver			
Constituintes	Comprimento de onda				
	t_R^2	Cultivo protegido	Preto	Azul	Vermelho
Isopropil Metil Metileno Biciclo Deceno	27,94	ND	ND	ND	9,57
Muroladieno	28,65	7,28	ND	ND	7,18
Dehidro Isolongifoleno	30,66	ND	ND	26,89	ND
Isoledeno	27,93	ND	7,64	ND	ND
Murolol	28,64	ND	5,98	ND	ND
Total		7,28	13,62	26,89	16,75

Valores de porcentagem de área relativa > 5,00%. Os resultados para todos os constituintes do óleo essencial das plantas em estudo encontram-se tópicos em ANEXO.

Nos ambientes a cultivo protegido e preto, as plantas de capim-limão apresentaram os constituintes Citronelol, Geraniol, e Acetato de Geranila (Tabela 7B). O citral foi encontrado na maioria dos ambientes, com exceção do preto (Tabela 7B). O capim-limão apresentou Mirceno nos ambientes do azul e vermelho, enquanto o Dimetil Octenal somente foi encontrado nas plantas mantidas a cultivo protegido (Tabela 7B). O Isoledeno e Murolol encontrados nas plantas de vetiver mantidas no ambiente com sombrite preto (Tabela 7C). Nos ambientes azul e vermelho foram encontrados o Dehidro Isolongifoleno e o Isopropil Metil Metileno Biciclo Deceno, respectivamente (Tabela 7C). As plantas de vetiver mantidas no ambiente do vermelho e cultivo protegido apresentaram o composto Muroladieno (Tabela 7C).

Oliveira et al. (2011); Castro et. al (2007) e Marco et al (2007) relataram que a citronela apresentou como constituintes majoritários o citronelal (34,61%), geraniol (23,18) e o citronelol (12,10), sendo que a maior concentração de citronelal foi devido, provavelmente, à oxidação do citronelol. Os teores de citronelol e geraniol superam os encontrados no presente trabalho (Tabela 7A). Entretanto, para o citronelal (dimetil octenal), o teor observado de 50,41% nas plantas mantidas a cultivo protegido (Tabela 7 A), foi superior aos encontrados na literatura. O citronelal encontrado em plantas como a citronela e o *E. citriodora* (FLORES et al., 2009) é um composto amplamente usado na indústria de aromas e perfumes (VITTI & BRITO, 1999).

Os teores dos principais constituintes do capim-limão são o Geraniol, citados em alguns trabalhos com teores em torno de 40%, o Neral com teor de 30%, sendo que esses compostos são estereoisômeros e a mistura constitui o Citral com valores acima de 70%. Além desses constituintes, são citados ainda o Citronelol (0,5%) e o Geraniol com 2,0 % (MAHANTA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2011; COSTA et al., 2011, SACCHETTI et al., 2005; PARAGAMA et al., 2003; RAUBER et al., 2005).

A grande importância do capim-limão é na extração de óleo essencial rico em citral, sendo este composto usado nas indústrias de perfumaria, alimentos e cosméticos. Na indústria farmacêutica, o citral é utilizado para síntese de iononas, que é o ponto de partida para obtenção de vitamina A (KOSHIMA et al., 2006). O citronelol é um composto presente em plantas como *C. citratus*, *C. nardus* e *L. alba* apresentando ações antifúngicas, antibacteriana e hipotensora (BASTOS et al., 2010). Já o mirceno encontrado nas plantas de capim-limão (Tabela 7B) é um analgésico potencial em roedores (KOLICHESKI, 2006).

Para o citral, os teores obtidos no presente experimento são inferiores (Tabela 7B) em relação aos citados na literatura. Entretanto Furlan et al. (2010), trabalhando com capim-limão em duas regiões (Pindamonhangaba e Ibiúna) no interior de São Paulo, relatou que houve variações no teor de citral; em Pindamonhangaba foi encontrados teores acima de 70%, enquanto que em Ibiúna teor de 49%, sendo que estes resultados, concordam com os obtidos no presente trabalho (Tabela 7B). Segundo Gobbo-Netto & Lopes (2007), esta alteração nos teores do citral pode ter sido causada por fatores fitogeográficos e microclimáticos.

Sakamura (1987) relatou que o aumento do citral causou com decréscimo de geraniol e acetato de geranila devido à transformação desses compostos em citral. Isso pode ter causado a redução dos teores de acetato de geranila e geraniol, bem como aumento do citral observados nos tratamentos de capim-limão nos ambientes do azul e do vermelho quando comparado com os demais tratamentos. (Tabela 7B).

O vetiver apresenta os seguintes compostos majoritários: Khusimol, Bicilcovetivenol, β -Vetiveno, α -Vetivona (COSTA et al., 2006; KIRICI et al., 2011), sendo que estes compostos são responsáveis pelas características de odor, que fazem do óleo essencial do vetiver ser empregado na indústria de perfumes (SARASWATHI et al., 2011). Martinez et al (2004) relatou que o vetiver brasileiro apresenta baixos valores de Khusimol quando comparados ao vetiver do Haiti, sendo que este álcool está diretamente relacionado com a qualidade do óleo por ser responsável pelo odor madeirado do vetiver. No presente estudo não foi observado a presença de Khusimol nas plantas de vetiver, podendo ser classificado como óleo de pior qualidade. Provavelmente, a idade da planta pode ter influenciado nestes resultados, uma vez que, Castro & Ramos (2003) recomenda que a colheita seja feita em plantas com 15 – 18 meses e no presente estudo as plantas apresentavam seis meses de idade.

Além destes compostos o vetiver apresenta também o Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno (α -Amorphene) e Octahidro Tetrametil Ciclopropazuleno (α -Gurjunene) (CHOU et al., 2012), os quais também foram encontrados nas plantas de vetiver no presente estudo (ANEXO). O Muuroladieno, Muurolol e Dehidro Isolongifoleno encontrados nas plantas de vetiver (Tabela 9 C) foram também citados por Pripdeevech et al. (2006) e Bhuiyan et al. (2008).

5 CONCLUSÕES

1. As malhas fotoconversoras promovem alterações no crescimento, anatomia foliar e fisiologia das espécies *C. citratus*, *C. nardus*, *V. zizanioides*.

2. O cultivo protegido é o ambiente que proporcionou maior acúmulo de biomassa seca e teor de óleo essencial nas espécies.

3. O emprego do malhas fotoconversoras produz alterações nos constituintes do óleo essencial.

6 REFERÊNCIAS

AKISUE, G. et al. Padronização da Droga e do Extrato Fluido de *Cymbopogon Citratus* (D.C.) Stapf. **Lecta**, Bragança Paulista, v. 14, n. 2, p. 109-119, jul/dez.1996.

AMARAL, T. A. **Crescimento, características estruturais e teor de óleo essencial de *Mentha suaveolens* Ehrh., cultivada sob tela coloridas**. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

ARCTANDER, S. **Perfume and Flavor Materials of Natural Origin**. New Jersey: Elizabeth, 1960. 736 p.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 24, n. 1, p. 1-15, jan. 1949.

ARTOCH, E. A. C. **Aspectos fisiológicos, anatômicos e biossíntese de flavonóides em plantas jovens de *Bauhinia forticata* Link. submetidas a diferentes níveis de irradiância**. 1999. 62 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1999.

ASSMANN, S. M.; SHYMAZAKI, K. The multisensory guard cell. Stomatal responses to blue light and abscisic acid. **Plant Physiology**, Rockville, American Society of Plant Physiologists, v. 119, n. 3, p. 809-815, mar. 1999.

ATTRIDGE, T. H. **Light and plant responses**. London: E. Arnold, 1990. 147 p.

BASTOS, J. F. A. et al. Hypotensive and vasorelaxant effects of oscitronellol, a monoterpene alcohol, in rats. **Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology**, Denmark, v. 106, n. 4, p. 331-337, apr. 2010.

BAUDOUX, D. **L'aromathe'rapie. Se soigner par les huiles essentielles**; Amyris SPRL: Bruxelles: Belgium, 2002.

BHUIYAN, M. N. I.; CHOWDHRY, J. U.; BEGUM, J. Essential oil of *Vetiveria zizanioides* Nash small from Bangladesh. **Bangladesh J. Bot.**, Dhaka, v. 37, n. 2, p. 213-215, dec. 2008.

BRAGA, T. V. **Avaliação da atividade farmacológica de *Cissus verticillata* Nicolson & C. E. Jarvis subsp *verticillata* como antioxidante, antifúngico, hipoglicemiante e cicatrizante.** 2008. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2008.

BRANT, R. S. et al. Características fisiológicas e anatomia de *Melissa officianalis* L. (LAMIACEAE) cultivadas sob diferentes condições de luminosidade. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, v. 22, n. 3, 4, p. 146-152, jul/dez. 2010.

BRANT, R. S. et al. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1401-1407, ago. 2009.

BRASIL, Resolução RDC nº. 17, de 24 de fevereiro de 2000. Dispõem sobre o registro de medicamentos fitoterápicos. DOU. **Diário Oficial da União**, Poder executivo, Brasília, DF, 25 fev. 2000. Seção 1, p. 25.

BRASIL, Resolução RDC nº. 48, de 16 de março de 2004. Dispõem sobre o registro de medicamentos fitoterápicos. DOU. **Diário Oficial da União**, Poder executivo, Brasília, DF, 17 mar. 2004. Seção 1, p. 30.

BRUNETON, J. **Farmacognosia**. 2. ed. Zaragoza, Espanha: Acribia S.A., 2001. 594 p.

BUKHOV, N. G.; DROZDOVA, I. S.; BONDAR, V. V. Light response curves of photosynthesis in leaves of sun type and shade-type plants grown in blue or red light. **Journal of Photochemistry and Photobiology. B. Biology**, Moscow, v. 30, n. 1, p. 39-41, sept. 1995.

CARDOSO, J. C. W. **Níveis de luz e homeopatia sobre caracteres morfofisiológicos e óleos essenciais e atividade fungitóxica do óleo essencial em *Aloysia gratissima* (Gilles & Hook.) Tronc.** 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CASTRO, E. M. **Alterações anatômicas, fisiológicas e fotoquímicas em plantas de *Mikania glomerata* Sprengel (guaco) sob diferentes fotoperíodos e níveis de sombreamento.** 2002. 139 f. Tese de (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2002.

CASTRO, H. G. et al. Crescimento, teor e composição do óleo de *Cymbopogonnardus* (L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 9, n. 4, p. 55-61, out/dez. 2007.

CASTRO, L. O. de; RAMOS, R. L. D. Principais gramíneas produtoras de óleos essenciais: *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. , capim-cidró, *Cymbopogon martini* (Rox.) In: WATSON, J. F., Palma-rosa, *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle, citronela, *Elyonurus candidus* (Trin.) Hack. , capim-limão, *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash, vetiver. Porto Alegre: FEPAGRO, 2003. p. 13, 14, 19. (Boletim FEPAGRO, 11).

CAVA, R. et al. Antimicrobial activity of clove and cinnamon essential oils against *Listeria monocytogenes* in pasteurized milk. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 70, n. 12, p. 2757-2763, dec. 2007.

CHAGAS, J. H. et al. Produção de biomassa seca em plantas de *Mentha arvensis* L. cultivada sob malhas fotoconversoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50., 2010, Gurapari. **Anais...** Gurapari: ABH, 2010. p. 3422-3427.

CHAGAS, J. H. et al. Produção, teor e composição química do óleo essencial de hortelã-japonesa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 297-303, abr/jun. 2013.

CHANG, X.; ALDERSON, P. G.; WRIGHT, C. J. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 63, n. 1-3, p. 216-223, may. 2008.

CHEN, H. M. et al. Chemical methods and phytoremediation of soil contaminated with heavy metals. **Chemosphere**, Amsterdam, v. 41, p. 229-234, jul. 2000.

CHOU, S. T. et al. Study of the chemical composition, antioxidant activity and anti-inflammatory activity of essential oil from *Vetiveria zizanioides*. **Food Chemistry**, Reading, v. 134, n. 1, p. 262-268, sept. 2012.

CHOWDHURY, A. R.; KUMAR, D.; LOHANI, H. GC-MS Analysis of essential oils of *Vetiveriazizanioides* (linn.)Nash. roots. **Fafai Journal**, Mumbai, v. 4, n. 2, p. 33-35, apr/jun. 2002.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Introdução a Métodos Cromatográficos**. 6. ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1987. p. 179-185.

CORRÊA, R. M. et al. Crescimento de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de folhas de orégano sob malhas coloridas. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 05, n. 01, p. 11-22, jan/abr. 2012.

COSTA, A. G. et al. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 534-540, abr. 2012.

COSTA, C. A. R. A. et al. The GABAergic system contributes to the anxiolytic-like effect of essential oil from *Cymbopogon citratus* (lemongrass). **Journal of Ethnopharmacology**, Leiden, v. 137, p. 828–836, jul. 2011.

COSTA, L. C. B. et al. Effects of coloured shade netting on the vegetative development and leaf structure of *ocimum selloi*. **Bragantia**, Campinas, v.69, n. 2, p.349-359, abr/jun. 2010.

COSTA, L. C. B. et al. Yield and composition of the essential oil of *Ocimum selloi* Benth. Cultivated under colored netting. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, IL, USA, v. 22, p. 34-39, jan/febr. 2010.

COSTA, T. S. et al. Avaliação da Extração de Óleos Essenciais de Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) com CO₂ Supercrítico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 100-103, out/dez. 2006.

CRITCHLEY, C. Molecular adaptation to irradiance: The dual functionality of photosystem II. In: SINGHAL, G. S. et al. **Concepts in photobiology: Photosynthesis and photomorphogenesis**. New Delhi: Narosa Publishing House, 1999. p. 573-587.

DUTRA, R. C. et al. Atividades antimicrobiana e leishmanicida das sementes de *Pterodon emarginatus* Vogel. **Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy**, João Pessoa, v. 19, n. 2A, p. 429-435, abr/jun. 2009.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 39-45, abr. 1991.

FAHN, A. **Plant anatomy**. Toronto: Pergamon Press, 1975. 611 p.

FARMACOPÉIA BRASILEIRA. 4. ed. São Paulo: Editora Ateneu. 2003. 220 p.

FERRAZ, E. O. **Biomassa e produção de óleo essencial de *Achillea millefolium* L. com adubação orgânica e sob radiações U.V.** 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia) – Produção Vegetal. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

FERRAZ, K. K. F.; SILVA, D. M. Avaliação ecofisiológica do crescimento inicial de espécies florestais usadas na recuperação de áreas degradadas - II. *Calliandra calothyrsus* Meisn. In: **Anais... CONGRESSO NACIONAL DE FISILOGIA**, 8, 2001, Ilhéus - BA. **Anais...** Ilhéus-BA, 2001.

FISCHER-RIZZI S. **Complete aromatherapy handbook**: essential oils for radiant health. New York: Sterling Publishing Company, 1990, p. 178-181.

FLORES, D. V. et al. Inhibitory effect in vitro of five monoterpenes from essential oil on *Rhizoctoniasolani* isolated in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Fitosanidad**, Habana, v. 13, p. 197-200, jul/set. 2009.

FONTES, R. V.; SILVA, D. M. Avaliação ecofisiológica do crescimento inicial de *Piptadenia adiantoide* (Spreng.) Macbr., espécie florestal usada na recuperação de áreas degradadas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FISILOGIA, 8., 2001, Ilhéus-BA. **Anais...** Ilhéus, 2001. CD-ROM. 6-089.

FURLAN, M. R. et al. Variação dos teores de constituintes voláteis de *Cymbopogon citratus* (DC) Staf, Poaceae, coletados em diferentes regiões do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Farmacologia**, Curitiba, v. 20, n. 5, p. 686-691, out/nov. 2010.

GOBBO-NETTO L.; LOPES, N. P. Medicinal plants: Factors of influence on the content of secondary metabolites. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, abr. 2007.

GOMES, I. A. C. **Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) 'Oeiras' sob influência do sombreamento por leguminosas**. 2004. 63 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2004.

GRINBERGER, A.; SHAMRON, M.; GANELEVIN, R. **Shading nets testing**. 2000. Disponível em: <<http://polysack.com/index.php>>. Acesso em: 19 jan. 2010.

HAMMER, K. A.; CARSON, C. F., RILEY, T. V. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 86 n. 6, p. 985-990, jun. 1999.

HENRIQUE, P. de C. **Aspectos fisiológicos de mudas de cafeeiro cultivadas sob telado de malhas coloridas**, 2010. 38 f. Dissertação de (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fisiologia Vegetal - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2010.

KATZER, G. Kater's Spice Pages. Lemon grass. Disponível em: <http://www.unigratz.at/~kater/engl/Cymb_cit.html>. Acesso em: 23 mar. 2007.

KELSEY, R. G.; REYNOLDS, G. W.; RODRIGUEZ, E. The chemistry of biologically active constituents secreted and stored in plant glandular trichomes. In: RODRIGUEZ, E.; HEALEY, P.L.; METHA, I. (Eds.). **Biology and chemistry of plant trichomes**. New York: Plenum, 1984. p. 187-241.

KHAN, P. S. S. V. et al. Growth and net photosynthetic rates of *Eucalyptus tereticornis* Smith under photomixotrophic and various photoautotrophic micropropagation conditions. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 141-146, nov. 2002.

KIRICI, S. et al. To study of Essential Oil and Agricultural Properties of Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) in the Southeastern of Mediterranean. **Advances in Environmental Biology**, Amman, v. 5, n. 2, p. 447-451, jan. 2011. Edição especial.

KOLICHESKI, M. B. **Síntese do mirceno a partir da isomerização térmica do b-pineno**. 2006. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia de processos térmicos e químicos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2006.

KOSHIMA, F. A. T.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M. Produção de biomassa, rendimento de óleo essencial e de citral em capim-limão, *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf, com cobertura morta nas estações do ano. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 112-116, out/dez. 2006.

KRAUS, J. E.; ARDUIM, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: Seropédica, 1997. 198p.

KUNDU, S. K.; TIGERSTEDT, P. M. A. Variation in net photosynthesis, stomatal characteristics, leaf area and whole plant phytomass production among ten provenances of neem (*Azadirachta indica*). **Tree Physiology**, Victoria, v. 19, n. 1, p. 47-52, jan. 1999.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2006. 550p.

LEBERT, I.; LEROY, S.; TALON, R. Effect of industrial and natural biocides on spoilage, pathogenic and technological strains grown in biofilm. **Food Microbiology**, Saint-Genès Champanelle, França, v. 24, n. 3, p. 281-287, may. 2007.

LEE, D. W. et al. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two Southeast Asian *Hopea* (Dipterocarpaceae) species. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 87, n. 4, p. 447-455, apr. 2000.

LETCHAMO, W.; GROSSELIN, A. Transpiration, essential oil gland, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. **Journal Horticultural Science**, Ashford, v. 71, n. 1, p. 123-134, jan. 1996.

LETCHAMO, W. et al. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selections. **Angewandte Botanik**, Berlin, v. 68, n. 3/4, p. 83-88, oct. 1994.

LIMA JÚNIOR, E. de C. **Germinação, armazenamento de sementes e fisioanatomia de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb.** 2004. 115 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.

LIMA, J. D. et al. Variáveis fisiológicas de antúrio cultivado sob diferentes malhas de sombreamento. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 193-200, may/jun. 2010.

LIMA, M. C. et al. Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em *Achillea millefolium* L. cultivada sob diferentes níveis de sombreamento e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 1, p. 45-50, jan. 2011.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas exóticas cultivadas.** Nova Odessa: Plantarum, 2002. 544p.

MAHANTA, J. J. et al. *Cymbopogon citratus* L. essential oil as a potencial antifungal agent against key weed moulds of *Pleurotus* ssp. spawns. **Flavour and Fragrance Journal**, Geneva, v. 22, p. 525-530, oct. 2007.

MAIA, S. S. S. **Propagação, adubação orgânica e níveis de radiação nas características anatômicas e composição de óleo essencial em *Hiptis suaveolens* (L.) POIT. Lâminaceae.** 2006. 150 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, MG. 2006.

MARCO, C. A. et al. Características do óleo essencial de capim-citronela em função de espaçamento, altura e época de corte. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 429-432, jul./set. 2007.

MARTINS, J. R. et al. Teores de pigmentos fotossintéticos e estruturas de cloroplastos de Alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 64-69, nov. 2010.

MARTINAZZO, A. P. **Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf.** 2006. 140 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

MARTINEZ, J. et al. Valorization of Brazilian Vetiver - *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash ex Small Oil. **Journal of Agricultura and Food Chemistry**, Davis, v. 52, p. 6578-6584, feb. 2004.

MARTINS, J. R. **Aspectos da germinação de sementes e influência da luz no desenvolvimento, Anatomia e composição química do óleo essencial em *Ocimum gratissimum* L.** 2006. 176 f. Dissertação (Mestrado) Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2006.

MATTOS S. H. **Estudos fitotécnicos da *Mentha arvensis* L. var. *Holmes* como produtora de mentol no Ceará**, 2000. 98 f. Tese de (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2000.

MEJDOUB, R.; KATSIOTIS, Th. S. Factors influencing the yield and the quality of the obtained essential oil from the leaves of eucalyptus citriodora hook Growing in grete. **Scientia Pharmaceutica**, Wlen, v. 66, p. 93–105, jan/mar. 1998.

MING, L. C. et al. Yield of essential oil and citral content in different parts of lemongrass leaves (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf – Poaceae. **Acta Horticulture**, Amherst, EUA, v. 426, n. 1, p. 555-559, aug. 1996.

MORINI, S.; MULEO, R. Effects of light quality on micropropagation of woody species. In: JAIN, S. M.; ISHI, K. **Micropropagation of Woody trees and fruits**. Dordrecht: Kluwer Academic, p. 3-35, 2003.

NAVES, V. L. **Crescimento, distribuição de matéria seca, concentração de clorofilas e comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas a diferentes níveis de irradiação fotossinteticamente ativa**. 1993. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA, M. M. M. et al. Rendimento, composição química e atividade antilisterial do óleo essenciais de espécies de *Cymbopogon* – **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 8-16, out. 2011.

OREN-SHAMIR, M. et al. Coloured shade nets can improve the yield and quality of Green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 76, n. 3, p. 353-361, may. 2001.

ORLANDA, J. F. F. **Estudo da composição química e atividade biológica do óleo essencial de *Ruta graveolens* Linneau (RUTACEAE)** 2011. 71 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, João Pessoa, PB. 2011.

OUSSALAH, M. et al. Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. Elsevier, **Food Control**, Québec, v. 18, n. 5, p. 414-420, may. 2007.

PANDEY, A. K.; RAI, M. Antimycotic potential in some naturally occurring essential oil. In: RAI, M.; MARES, D., (Eds.), **Plant-derived antimycotics: current trends and future prospects**. London: Products Press, 2003. p. 344-345.

PARANAGAMA, P. A.; ABEYSEKERA, K. H. T.; K.; NUGALIYADDE, L. Fungicidal and anti-aflatoxigenic effects of the essential oil of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. (lemongrass) against *Aspergillus flavus* Link. isolated from stored rice. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 37, p. 86–90, jul. 2003.

Plants. Plants data base. *Cymbopogon citratus*. Disponível em: <<http://www.plantsdatabase.com/botanary/go/1728>>. Acesso em: 11 mar. 2007.

PRIPDEEVECH, P.; WONGPORNCHAI, S.; PROMSIRI, A. Highly volatile constituents of *Vetiveria zizanioides* roots grown under different cultivation conditions. **Molecules**, Basel, v. 11, p. 817-826, out. 2006.

RAUBER, C. S.; GUTERRES, S. S.; SCHATOVAL, E. E. S. LC determination of citral in *Cymbopogon citratus* volatile oil. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Münster, v. 37, n. 3, p. 597-601, mar. 2005.

RODRIGUES, V. E. G. **Etnobotânica e florística de plantas medicinais nativas de remanescentes de florestas estacionais semi decidual na região do Alto Rio Grande, MG.** 2007. 149 f. Tese (Doutorado e Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

ROSAL, L. F. **Produção de biomassa, óleo essencial e características fisiológicas e anatômicas foliares de *Plectranthus neochilus* Schlechter em função da adubação orgânica, malhas coloridas e idade das plantas.** 2008. 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2008.

ROZA, F. A. **Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas à deficiência hídrica.** 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Ilhéus – BA, 2010.

SACCHETTI, G. et al. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. **Food Chemistry**, Reading, v. 91, n. 4, p. 621-632, aug. 2005.

SAKAMURA, F. Changes in volatile constituents of *Zingiber officinale* rhizomes during storage and cultivation. **Phytochemistry**, Oxford, v. 26, p. 2207-2212, aug. 1998.

SANTOS, V. L. et al. Avaliação da atividade antimicrobiana de *Maytenus rigida* Mart. (Celastraceae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 68-72, jan/mar. 2011.

SARAIVA, G. F. R. **Influência do uso de telas de sombreamento coloridas (azul, vermelha e preta) na fisiologia da produção de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliensis*)**. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista - Câmpus de Botucatu – Instituto de Biociências – Botucatu, SP, 2013.

SARASWATHI, K. J. et al. Comparative study on essential oil on natural and in vitro regenerated plants of *Vetiveria zizanioides* (Linn) Nash. **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.**, Bangalore, v. 10, n. 3, p. 458-463, may/jun, 2011.

SCHOCK, A. A. **Características fisiológicas e anatômicas de pinhão manso conduzidos em diferentes condições de luminosidade**. - 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2012.

SHAHAK, Y. et al. Growing *Aralia* and *Monstera* under colored shade nets. **Olam Poreah**, Jerusalém, v. 13, n. 1, p. 60-62, jul. 2002.

SHARAK, Y. et al. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulture**, Amsterdam, v. 659, p. 143-151, nov. 2004.

SILVA, A. B. et al. Luz natural na micropropagação do abacaxizeiro (*Ananas conopus* L. Merr). **Interciência**, Caracas, v. 33, n. 11, p. 839-843, nov. 2008.

SILVA, F. G. et al. Influence of radiation level on plant growth, yield and quality of essential oil in carqueja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 52-57, jan/fev. 2006.

SOLOMON, C. **Encyclopedia of Asian Food**. Hong Kong: Periplus, 1998. 480 p.

SOUZA, G. S. et al. Características biométricas e fisiológicas de plantas jovens de *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. **Revista brasileira de Biociência**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 330-335, out./dez. 2010.

SOUZA, G. S. et al. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, p. 1843-1854, 2011. (Suplemento).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TATAGIBA, S. D. et al. Trocas gasosas e potencial da água em clones de eucalipto submetidos ao déficit hídrico. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 15, n. 3, p. 212-227, jul/set. 2007.

TSCHERNING, K. et al. Grass barriers in Cassava hillside cultivation rooting patterns and root growth dynamics. **Field Crops Research**, Bonn, v. 43, p. 131-140, oct. 1995.

UNIVERSITY. University of Hawaii. Botany Department. **Poaceae (Gramineae)**. Disponível em: <<http://www.botany.hawaii.edu/faculty/carr/po.htm>>. Acesso em: 04 jul. 2007.

UTEE, A., KETS, E. P., SMID, E. J. Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington DC, v. 65, n. 10, p. 4606-4610, oct. 1999.

VALIO, I. F. M. Effects of shading and removal of plant on growth of *Trema micrantha* seedlings. **Tree Physiology**, Victoria, v. 21, n. 1, p. 65-70, jan. 2001.

VENTELA, M. C.; MING, L. C. Produção de matéria seca e óleo essencial em folhas de erva-cidreira sob diferentes níveis de sombreamento e épocas de colheita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 972-974, 2000. (Suplemento).

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. Avaliação do rendimento e do teor de citronelal do óleo essencial de procedência e raças locais *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 56, p. 145-154, dez. 1999.

WEYERSTAHL, P. et al. New sesquiterpene ethers from Vetiver oil. **Liebigs Annalen der Chemie**, Weinheim, v. 1996, n. 7, p. 1195-1199, jul. 1996.

WIEBEL, J. et al. Influence of irradiance on photosynthesis, morphology and growth of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) seedlings. **Tree Physiology**, Vitoria, v. 14, n. 3, p. 263-274, mar. 1994.

YAMAURA, T.; TANAKA, S.; TABATA, M. Light-dependent formation of glandular trichomes and monoterpenes in thyme seedlings. **Phytochemistry**, Oxford, v. 28, n. 3, p. 741-744, mar. 1989.

ZHU, B. C. R. et al. Repellency of Vetiver oils from different biogenetic and geographical origins against formosansubterranean termites (isopteran: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 42, n. 3, p. 623-638, set/dez. 2003.

ANEXOS

TABELA 8 - Compostos detectados na amostra Capim-limão, vermelho.

Capim-limão			
#Pico ¹	t _R ²	Nome do Composto ³	% A ⁴
1	10,60	Metil Heptenona	0,40
2	10,73	Mirceno	10,41
3	12,18	Ocimeno	0,19
4	12,50	Ocimeno	0,11
5	13,87	ND	0,18
6	14,07	Dimetil Octadienol	0,79
7	14,20	Fotocitral	0,08
8	15,28	Hidróxiethylideno Furanona	0,14
9	12,42	ND	0,24
10	15,58	Dimetil Heptadienona	0,13
11	15,67	Citronelal	0,10
12	16,01	ND	0,93
13	16,53	ND	1,51
14	17,92	Dimetil Octenol	0,12
15	18,00	ND	0,13
16	18,26	Dimetil Octadienal	34,12
17	18,63	Geraniol	0,47
18	18,67	Geraniol	1,83
19	19,10	Citral	44,73
20	19,30	ND	0,67
21	19,44	ND	0,64
22	19,66	Undecanona	0,42
23	20,43	ND	0,10
24	20,89	ND	0,13
25	21,29	Ácido Gerânico	0,53
26	21,85	ND	0,18
27	22,05	Acetato de Geranila	0,16
28	23,08	Cariofileno	0,07
29	23,44	Bergamoteno	0,08
30	27,87	Tridecanona	0,41
		Total	100,00

¹ Número do pico pela ordem de eluição da coluna.

² t_R² = Tempo de retenção do composto na coluna em minutos.

³ Nome mais comum do composto identificado.

⁴ %A = Porcentagem de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos compostos na amostra.

ND – Não Determinado

TABELA 9 - Compostos detectados na amostra Citronela, vermelho.

Citronela			
#Pico ¹	t _R ²	Nome do Composto ³	% A ⁴
1	11,88	Limoneno	2,54
2	14,07	Dimetil Octadienol	0,63
3	15,45	Isopulegol	0,38
4	15,74	Dimetil Octenal	33,89
5	17,87	Citronelol	9,45
6	18,22	Dimetil Octadienal	0,63
7	18,64	Geraniol	17,29
8	19,04	Dimetil Octadienal	1,03
9	21,26	Acetato de Dimetil Octenol	4,95
10	21,41	Eugenol	1,46
11	22,07	Acetato de Geranila	6,79
12	22,35	Metil Etenil Cicloexano	0,61
13	24,63	Metil Metileno Metil Etil Clodecadieno	3,88
14	25,07	Muuroleno	0,47
15	25,23	Etenil Metil Metil Etenil Cicloexano	0,71
16	25,42	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	0,28
17	25,63	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	3,02
18	26,25	Etenil Trimetil Metil Etenil Ciclohexanometanol	2,78
19	26,90	ND	2,91
20	27,78	ND	0,22
21	28,19	Eudesmol	0,53
22	28,41	Muurolol	1,78
23	28,71	ND	3,50
24	29,05	Octahidro Dimetil Metil Etenil Azuleno	0,30
		Total	100,03

¹ Número do pico pela ordem de eluição da coluna.

² t_R² = Tempo de retenção do composto na coluna em minutos.

³ Nome mais comum do composto identificado.

⁴ %A = Porcentagem de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos compostos na amostra.

ND – Não Determinado

TABELA 10 - Compostos detectados na amostra Vetiver, vermelho.

Vetiver			
#Pico ¹	t _R ²	Nome do Composto ³	% A ⁴
1	22,10	ND	0,31
2	23,78	ND	0,57
3	23,90	ND	0,85
4	24,00	Himachaladieno	0,35
5	24,58	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	1,58
6	24,85	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	0,26
7	24,93	Muuroleno	0,42
8	25,59	Octahidro Dimetil Metil Etenil Naftaleno	0,91
9	26,01	ND	1,18
10	26,24	Etenil Trimetil Metil Etenil Ciclohexanometanol	0,67
11	26,56	Decahidro Trimetil Metileno Naftalenometanol	4,07
12	26,78	Trimetil Benzenodiol	0,77
13	27,05	ND	0,28
14	27,29	Ylangueno	1,15
15	27,51	Himachaladieno	0,79
16	27,73	ND	0,63
17	27,94	Isopropil Metil Metileno Biciclo Deceno	9,57
18	28,09	ND	1,65
19	28,19	Elemeno	0,91
20	28,31	Octahidro Dimetil Metil Naftaleno	0,67
21	28,47	ND	0,75
22	28,65	Nuroladieno	7,18
23	28,91	ND	1,76
24	29,01	ND	5,12
25	29,19	Dehidro Isolongifoleno	3,31
26	29,33	ND	1,66
27	29,48	ND	1,55
28	29,64	Decahidro Dimetil Metiletilideno Naftaleno	0,86
29	29,74	ND	1,58
30	30,08	ND	1,03
31	30,31	ND	5,38
32	30,53	Acetil Hidróxi Metil Isopropil Biciclo Nonano	2,59
33	30,66	ND	6,04
34	30,75	ND	9,50
35	31,75	ND	8,28
36	31,98	Nootkatone	1,65
37	32,13	Hidróxi Tetrametil Triciclo Undeceno	0,61
38	32,21	ND	3,24
39	32,44	Hexahidro Dimetil Metil Etenil Naftalenona	3,20
40	32,71	ND	3,20
41	33,86	Guaieno	0,40
42	34,17	ND	0,42
		Total	96,9

¹ Número do pico pela ordem de eluição da coluna.

² t_R² = Tempo de retenção do composto na coluna em minutos.

³ Nome mais comum do composto identificado.

⁴ % A = Porcentagem de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos compostos na amostra.

ND – Não Determinado

TABELA 11 - Compostos detectados na amostra Capim-limão, Cultivo Protegido.

Capim-limão			
#Pico ¹	t _R ²	Nome do Composto ³	% A ⁴
1	10,26	Mirceno	2,26
2	11,88	Limoneno	2,23
3	14,07	Dimetil Octadienol	0,66
4	15,45	Isopulegol	0,33
5	15,73	Dimetil Octenal	27,89
6	16,01	ND	0,20
7	16,54	ND	0,29
8	17,87	Citronelol	7,51
9	18,24	Dimetil Octadienal	7,44
10	18,64	Geraniol	14,45
11	19,07	Citral	10,54
12	21,26	Dimetil Octadieno	4,34
13	21,41	Eugenol	1,33
14	22,06	Acetato de Geranila	0,40
15	22,35	Metil Etenil cicloexano	0,40
16	24,63	Metil Metileno Metil Etil Ciclodecadieno	2,57
17	25,07	Muuroleno	0,40
18	25,23	Dimetil Ciclodecadieno Isopropenil	0,60
19	25,42	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	0,19
20	25,63	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	2,51
21	26,25	Etenil Trimetil Metil Etenil Ciclohexanometanol	1,94
22	26,90	ND	1,68
23	28,19	Eudesmol	0,56
24	28,41	Muurolol	1,52
25	28,70	ND	2,97
		Total	95,21

¹ Número do pico pela ordem de eluição da coluna.

² t_R² = Tempo de retenção do composto na coluna em minutos.

³ Nome mais comum do composto identificado.

⁴ %A = Porcentagem de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos compostos na amostra.

ND – Não Determinado.

TABELA 12 - Compostos detectados na amostra Citronela, Cultivo Protegido.

Citronela			
#Pico ¹	t _R ²	Nome do Composto ³	% A ⁴
1	11,88	Limoneno	2,46
2	14,08	Dimetil Octadienol	0,51
3	15,47	ND	0,51
4	15,67	Dimetil Octenal	50,41
5	17,86	Citronelol	5,18
6	18,23	ND	1,31
7	18,61	Dimetil Octadienal	10,68
8	19,05	ND	1,69
9	21,25	Dimetil Octadieno	4,85
10	21,43	Alil Metóx Fenol	1,21
11	22,05	Acetato de Geranila	5,96
12	22,34	ND	0,49
13	24,62	Octahidro Metil Metileno Metiletil Ciclopropabenzeno	1,96
14	25,22	ND	0,49
15	25,62	ND	2,18
16	26,24	Guaiadieno	2,29
17	26,89	ND	1,87
18	28,10	ND	0,54
19	28,41	ND	1,70
20	28,69	Cadinol	3,71
		Total	100,00

¹ Número do pico pela ordem de eluição da coluna.

² t_R² = Tempo de retenção do composto na coluna em minutos.

³ Nome mais comum do composto identificado.

⁴ %A = Porcentagem de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos compostos na amostra.

ND – Não Determinado.

TABELA 13 - Compostos detectados na amostra Vetiver, Cultivo Protegido.

Vetiver			
#Pico ¹	t _R ²	Nome do Composto ³	% A ⁴
1	22,10	ND	0,29
2	22,92	Octahidro Trimetil Metileno Metanoazuleno	0,20
3	23,19	Octahidro Metil Metileno Metil Etil Naftaleno	0,41
4	23,38	Biciclosesquifelandreno	0,18
5	23,66	Epizonareno	0,26
6	23,78	Octahidro Metil Metileno Metil Etil Metano Indeno	0,81
7	23,90	ND	1,27
8	24,00	Octahidro Tetrametil Ciclopropazuleno	0,72
9	24,58	Hexahidro Dimetil metil Etil Naftaleno	2,64
10	24,71	Guaiadieno	0,36
11	24,85	Salineno	0,87
12	24,93	Etenil Metil Etil Metiletilideno Cicloexeno	0,89
13	25,51	ND	0,44
14	25,59	Muroladieno	2,06
15	26,02	ND	1,15
16	26,24	Tetrametil Ciclodecadieno Metanol	0,74
17	26,56	Decahidro Trimetil Metileno Naftalenometanol	4,15
18	26,78	Trimetil Benzenodiol	1,16
19	27,04	ND	0,57
20	27,14	ND	0,48
21	27,29	Ylangeno	1,08
22	27,51	Trimetil Dimetileno Decahidronaftaleno	0,79
23	27,93	ND	12,35
24	28,09	ND	1,79
25	28,19	Etenil Metil Metiletil Metiletilideno Ciclohexeno	1,07
26	28,31	Octahidro Dimetil Metil Etenil Naftaleno	0,87
27	28,47	ND	0,97
28	28,65	Octahidro Metil Metileno Metil Etil Naftaleno	7,28
29	29,01	Furfurilideno Trimetil Cicloexanona	4,90
30	29,15	Octahidro Dimetil Metil Etenil Naftaleno	2,82
31	29,30	Humuleno	1,20
32	29,48	Tetrametil Tricicloundeceno	1,84
33	29,64	Octahidro Tetrametil Ciclopropanonaftaleno	1,10
34	29,74	Metileno Metil Propenil Vinil Cicloheptano	1,53
35	30,00	Octahidro Tetrametil Ciclopropazuleno	0,77
36	30,09	ND	0,87
37	30,32	ND	4,42
38	30,52	ND	3,00
39	30,67	ND	8,48
40	30,83	ND	4,40
41	31,78	ND	6,82
42	31,98	Octahidro Dimetil Metil Etenil Naftaleno	1,60
43	32,12	ND	0,62
44	32,20	ND	2,80
45	32,44	ND	2,73
46	32,70	ND	4,11
47	33,86	ND	0,18
		Total	100,04

¹ Número do pico pela ordem de eluição da coluna.² t_R² = Tempo de retenção do composto na coluna em minutos.³ Nome mais comum do composto identificado.⁴ % A = Porcentagem de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos compostos na amostra.

ND – Não Determinado.

TABELA 14 - Compostos detectados na amostra Capim-limão, azul.

Capim-limão			
#Pico ¹	t _R ²	Nome do Composto ³	% A ⁴
1	10,61	Metil Heptenona	0,48
2	10,74	Mirceno	9,23
3	12,18	Ocimeno	0,18
4	12,50	Dimetil Octatrieno	0,10
5	13,87	ND	0,20
6	14,07	Dimetil Octadienol	0,77
7	14,55	ND	0,11
8	15,43	ND	0,21
9	12,58	Crisantemal	0,13
10	15,67	Citronelal	0,11
11	16,01	ND	0,94
12	16,53	ND	1,39
13	17,94	Citronelol	0,15
14	18,00	ND	0,15
15	18,29	Dimetil Octadienal	34,52
16	18,63	Geraniol	3,13
17	19,14	Citral	43,91
18	19,32	ND	0,23
19	19,46	ND	0,13
20	19,66	Undecanona	0,45
21	20,46	ND	0,10
22	20,89	ND	0,54
23	21,35	Ácido Gerânico	0,62
24	21,84	ND	0,82
25	22,05	Acetato de Geranila	0,29
26	23,08	Cariofileno	0,07
27	23,44	Dimetil Metil Pentenil Bíciclohepteno	0,09
28	24,87	Tridencanona	0,47
29	27,33	ND	0,09
30	27,90	Selienenol	0,14
31	38,32	ND	0,16
32	38,47	ND	0,10
		Total	100,01

¹ Número do pico pela ordem de eluição da coluna.

² t_R² = Tempo de retenção do composto na coluna em minutos.

³ Nome mais comum do composto identificado.

⁴ %A = Porcentagem de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos compostos na amostra.

ND – Não Determinado.

TABELA 15 - Compostos detectados na amostra Citronela, azul.

Citronela			
#Pico ¹	t _R ²	Nome do Composto ³	% A ⁴
1	11,88	Limoneno	2,46
2	14,07	Dimetil Octadienol	0,52
3	15,45	Metil Metil Etenil Ciclohexanol	0,42
4	15,75	Dimetil Octenal	32,47
5	17,19	Decanal	0,08
6	17,88	Citronelol	10,16
7	18,22	Dimetil Octadienal	0,59
8	18,65	Geraniol	18,08
9	19,04	Citral	0,96
10	21,26	Acetato Dimetil Octenol	3,31
11	21,41	Alil Metóx Fenol	1,16
12	22,06	Acetato de Geranila	4,53
13	22,35	Etenil Metil Metil Ciclohexano	0,64
14	23,94	Tetrametil Cicoundecatrieno	0,12
15	24,50	Muuroleno	0,12
16	24,63	Metil Metileno Metil Etil Ciclodecadieno	4,20
17	24,96	Etenil Metil Metil Etil Metil Etilideno Ciclohexeno	0,23
18	25,07	Muuroleno	0,57
19	25,23	Etenil Metil Metil Etenil Ciclohexano	0,84
20	25,42	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	0,32
21	25,63	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	3,15
22	26,25	Etenil Trimetil Metil Etenil Ciclohexanometanol	3,00
23	26,90	ND	3,13
24	27,77	ND	0,29
25	28,19	Ocathidro Tetrametil Naftalenometanol	0,88
26	28,41	Muurolol	2,25
27	28,50	Octahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	0,46
28	28,62	Decahidro Trimetil Metileno Naftalenometanol	0,41
29	28,71	ND	4,25
30	29,05	Octahidro Dimetil Metil Etenil Azuleno	0,40
		Total	100,00

¹ Número do pico pela ordem de eluição da coluna.

² t_R² = Tempo de retenção do composto na coluna em minutos.

³ Nome mais comum do composto identificado.

⁴ %A = Porcentagem de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos compostos na amostra.

ND – Não Determinado.

TABELA 16 - Compostos detectados na amostra Vetiver, azul.

Vetiver			
#Pico ¹	t _R ²	Nome do Composto ³	% A ⁴
1	22,10	ND	0,38
2	22,92	Octahidro Trimetil Metileno Metanoazuleno	0,25
3	23,38	Biciclosesquifelandreno	0,13
4	23,78	ND	1,00
5	23,90	ND	1,63
6	24,00	Guaieno	0,28
7	24,58	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	0,93
8	24,93	Muuroleno	0,30
9	25,59	Octahidro Dimetil Metil Etenil Naftaleno	0,65
10	26,02	ND	0,43
11	26,56	Decahidro Trimetil Metileno Naftalenometanol	1,46
12	26,78	ND	0,25
13	27,29	Ylangeno	0,71
14	27,51	Tetrametil Bicicloudedecadieno	0,84
15	27,61	ND	0,35
16	27,92	Etenil Metil Metil Etil Metiletilideno Ciclohexeno	4,43
17	28,08	Aloromadendreno	1,20
18	28,19	Etenil Metil Metil Etil Metiletilideno Ciclohexeno	0,68
19	28,31	Octahidro Dimetil Metil Etenil Naftaleno	0,50
20	28,46	ND	0,89
21	28,58	Decahidro Tetrametil Metanoazulenol	1,96
22	28,65	Muurulol	3,09
23	28,75	Muuroleno	1,17
24	28,81	ND	1,36
25	29,01	ND	7,50
26	29,15	ND	4,22
27	29,30	ND	3,24
28	29,48	Tetrametil Tricicloudenceno	2,35
29	29,64	Aloaromandedreno	0,96
30	29,73	ND	2,47
31	30,09	ND	1,27
32	30,30	ND	4,06
33	30,45	ND	0,81
34	30,53	ND	0,95
35	30,66	Dehidro Isolongifoleno	26,89
36	31,07	ND	1,08
37	31,74	ND	6,28
38	31,91	Ácido Octahidro Dimetil Metileno Metanoazuleno	1,32
39	31,98	Nootkatona	1,35
40	32,21	ND	2,52
41	32,44	Hexahidro Dimetil Metil Etenil Naftalenona	1,89
42	32,71	ND	5,16
43	33,21	Guaieno	0,35
44	33,37	ND	0,12
45	34,17	ND	0,34
		Total	100,00

¹ Número do pico pela ordem de eluição da coluna.

² t_R² = Tempo de retenção do composto na coluna em minutos.

³ Nome mais comum do composto identificado.

⁴ % A = Porcentagem de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos compostos na amostra.

ND – Não Determinado.

TABELA 17 - Compostos detectados na amostra Capim-limão, preta.

Capim-limão			
#Pico ¹	t _R ²	Nome do Composto ³	% A ⁴
1	10,73	Mirceno	0,63
2	11,88	Limoneno	2,09
3	14,07	Dimetil Octadienal	0,61
4	15,45	Metil Metil Etenil Ciclohexanol	0,45
5	15,74	Citronelal	31,34
6	17,87	Citronelol	8,46
7	18,82	Dimetil Octadienal	2,03
8	18,64	Geraniol	15,73
9	19,05	Citral	2,90
10	21,26	Dimetil Octadieno	4,87
11	21,41	Metóx Propenil Fenol	1,22
12	22,07	Acetato de Geranila	6,11
13	22,35	Etenil Metil Metil Ciclohexano	0,56
14	23,94	Tetrametil Cicoundecatrieno	0,11
15	24,49	Muuruleno	0,10
16	24,63	Metil Metileno Metil Etil Ciclodecadieno	3,85
17	25,07	Muuruleno	0,53
18	25,23	Isopropenil Dimetil Ciclodecadieno	0,70
19	25,42	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	0,26
20	25,63	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	3,03
21	26,25	Etenil Trimetil Metil Etenil Ciclohexanometanol	2,63
22	26,90	ND	2,29
23	27,07	Etenil Trimetil Metil Etenil Ciclohexanometanol	0,02
24	27,22	Octahidro Tetrametil Ciclopropanonaftaleno	0,03
25	27,77	Fernesol	0,51
26	27,94	Octahidro Tetrametil Naftalenol	0,44
27	28,19	Eudesmol	0,98
28	28,41	Muurulol	2,20
29	28,50	Octahidro Dimetil Metil Etil Naftalenol	0,49
30	28,62	Decahidro Trimetil Metileno Naftalenometanol	0,34
31	28,70	ND	4,13
32	29,04	Octahidro Tetrametil Ciclopropazuleno	0,36
		Total	100,00

¹ Número do pico pela ordem de eluição da coluna.

² t_R² = Tempo de retenção do composto na coluna em minutos.

³ Nome mais comum do composto identificado.

⁴ %A = Porcentagem de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos compostos na amostra.

ND – Não Determinado.

TABELA 18 - Compostos detectados na amostra Citronela, preta

Citronela			
#Pico ¹	t _R ²	Nome do Composto ³	% A ⁴
1	11,87	Limoneno	2,42
2	14,07	Dimetil Octadienol	0,57
3	15,45	Metil Metil Etenil Ciclohexanol	0,41
4	15,75	Dimetil Octenal	32,97
5	17,19	Decanal	0,08
6	17,87	Citronelol	9,26
7	18,22	Dimetil Octadienal	0,57
8	18,65	Geraniol	16,38
9	19,04	Citral	0,92
10	21,26	Dimetil Octadieno	5,07
11	21,41	Alil Metóx Fenol	1,32
12	22,07	Acetato de Geranila	6,89
13	22,35	Etenil Metil Etenil Ciclohexano	0,63
14	23,94	Humuleno	0,13
15	24,49	Muuruleno	0,11
16	24,63	Metil Metileno Metil Etil Ciclodecadieno	4,32
17	24,96	Metil Metileno Metil Etil Ciclodecadieno	0,19
18	25,07	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	0,56
19	25,23	Etenil Metil Metil Etenil Ciclohexano	0,86
20	25,42	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	0,37
21	25,63	Hexahidro Dimetil Metil Etil Naftaleno	3,17
22	26,25	Etenil Trimetil Metil Etenil Ciclohexanometanol	2,31
23	26,90	ND	3,09
24	27,77	ND	0,24
25	28,10	Octahidro Tetrametil Ciclopropanaftaleno	0,09
26	28,19	Octahidro Tetrametil Nafatalenometanol	0,53
27	28,41	Muurulol	2,00
28	28,50	Octahidro Dimetil Metil Etil Naftalenol	0,34
29	28,62	Decahidro Trimetil Metileno Naftalenometanol	0,21
30	28,70	ND	3,79
31	29,04	Octahidro Tetrametil Metil Ciclopropazuleno	0,22
		Total	96,93

¹ Número do pico pela ordem de eluição da coluna.

² t_R² = Tempo de retenção do composto na coluna em minutos.

³ Nome mais comum do composto identificado.

⁴ %A = Porcentagem de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos compostos na amostra.

ND – Não Determinado

TABELA 19 - Compostos detectados na amostra Vetiver, preta.

Vetiver			
#Pico ¹	t _R ²	Nome do Composto ³	% A ⁴
1	22,10	ND	0,35
2	22,92	Octahidro Trietil Metileno Metanoazuleno	0,22
3	23,78	ND	0,89
4	23,90	ND	1,50
5	24,00	Himachaladieno	0,33
6	24,58	Muuruleno	1,51
7	24,85	Octahidro Tetrametil Ciclopropanaftaleno	0,34
8	24,93	Muuruleno	0,40
9	25,59	Etenil Metil Metil Etil metililideno Ciclohexeno	0,97
10	26,02	ND	0,55
11	26,24	Etenil Trimetil Metil Etenil Ciclohexanometanol	0,26
12	26,56	Decahidro Trimetil Metileno Naftalenometanol	2,15
13	26,78	ND	0,42
14	27,29	Ylangeno	0,74
15	27,51	Trimetil Dimetileno Decahidronaftaleno	0,62
16	27,93	Isoledeno	7,64
17	28,08	Etilideno Octahidro Metil Indeno	1,19
18	28,19	Etenil Metil Metil Etil Metiletilideno Ciclohexeno	0,60
19	28,31	Guaieno	0,43
20	28,46	ND	0,88
21	28,64	Muurulol	5,98
22	28,74	Decahidro Dimetil Metil Etenilideno Naftalenol	0,86
23	28,80	Metil Metileno Metil Etil Ciclodecadieno	1,08
24	29,00	ND	7,23
25	29,14	Hexahidro Tetrametil Naftalenometanol	3,40
26	29,29	Octahidro Trimetil Metileno Metanoazulenol	2,58
27	29,48	ND	2,33
28	29,64	Decahidro Dimetil Metil Etilideno Naftalenol	1,07
29	29,74	ND	1,15
30	30,01	Hexahidro Tetrametil Metano Azuleno	0,29
31	30,30	ND	3,67
32	30,45	ND	1,12
33	30,52	ND	0,77
34	30,66	ND	18,63
35	30,84	ND	4,91
36	31,72	ND	9,85
37	31,98	ND	1,93
38	32,12	Ácido Etenil Octahidro Metileno Naftelênico	0,67
39	32,20	ND	2,99
40	32,44	Hexahidro Dimetil Metil Etilideno Naftalenona	2,60
41	32,70	ND	4,92
		Total	100,02

¹ Número do pico pela ordem de eluição da coluna.² t_R² = Tempo de retenção do composto na coluna em minutos.³ Nome mais comum do composto identificado.⁴ % A = Porcentagem de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos compostos na amostra.

ND – Não Determinado.