



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ALIXANDRE SANQUETTA LAPORTI LUPPI - 2007100013

**MAPEAMENTO DA ÁREA PLANTADA E IMPACTOS DAS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NO ZONEAMENTO AGROCLIMATOLÓGICO PARA AS
CULTURAS DO CAFÉ CONILON (*Coffea canephora* Pierre ex
Froehner) E ARÁBICA (*Coffea arabica* L.) NA MICRORREGIÃO
SUDOESTE SERRANA, ES**

ALEGRE

2011

ALIXANDRE SANQUETTA LAPORTI LUPPI - 2007100013

**MAPEAMENTO DA ÁREA PLANTADA E IMPACTOS DAS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NO ZONEAMENTO AGROCLIMATOLÓGICO PARA AS
CULTURAS DO CAFÉ CONILON (*Coffea canephora* Pierre ex
Froehner) E ARÁBICA (*Coffea arabica* L.) NA MICRORREGIÃO
SUDOESTE SERRANA, ES**

“Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.”

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos

ALEGRE

2011

ALIXANDRE SANQUETTA LAPORTI LUPPI - 2007100013

MAPEAMENTO DA ÁREA PLANTADA E IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ZONEAMENTO AGROCLIMATOLÓGICO PARA AS CULTURAS DO CAFÉ CONILON (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) E ARÁBICA (*Coffea arabica* L.) NA MICRORREGIÃO SUDOESTE SERRANA, ES

“Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.”

Aprovado em de de 2011.

Comissão Examinadora:

Prof. Alexandre Rosa dos Santos (D.Sc., Engenharia Agrícola) – UFES
(Orientador)

1

2

3

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE EQUAÇÕES	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. GEOTECNOLOGIAS	3
2.1.1. Sensoriamento remoto	3
2.1.2. Sistemas de Informações Geográficas	4
2.1.3. Uso de geotecnologias na espacialização de regiões produtoras de café	6
2.2. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS, ZONEAMENTO AGROCLIMATOLÓGICO PARA A CULTURA DO CAFÉ E MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS (MCG)	7
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	9
4. IMAGENS AEROFOTOGRAMÉTRICAS PARA O MAPEAMENTO DAS ÁREAS PLANTADAS PARA AS CULTURAS DO CAFÉ CONILON (<i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner) E ARÁBICA (<i>Coffea arabica</i> L.) NA MICRORREGIÃO SUDOESTE SERRANA, ES	11
4.1. OBJETIVO	11
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.2.1. Materiais a serem utilizados	12
4.3. METODOLOGIA	Erro! Indicador não definido.
4.3.1. Fotointerpretação aerofotogramétrica, na escala cartográfica de 1:2.000, para o mapeamento das áreas plantadas para as culturas do café Conilon (<i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner) e Arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.	13
5. ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ZONEAMENTO AGROCLIMATOLÓGICO PARA AS CULTURAS DO CAFÉ CONILON (<i>Coffea</i>	

<i>canephora</i> Pierre ex Froehner) E ARÁBICA (<i>Coffea arabica</i> L.) NA MICRORREGIÃO SUDOESTE SERRANA, ES.	14
5.1. OBJETIVO	14
5.2. MATERIAL E MÉTODOS	15
5.2.1. Materiais a serem utilizados.....	15
5.2.2. METODOLOGIA	Erro! Indicador não definido.
5.3.1. Zoneamento agroclimatológico para as culturas do café Conilon (<i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner) e Arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário 1)	15
5.3.2. Efeito do incremento de temperatura, nos próximos 100 anos, no zoneamento agroclimatológico para as culturas do café Conilon (<i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner) e Arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário 2)	22
5.3.3. Comparação estatística entre os resultados obtidos nos cenários 1 e 2	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
7. BIBLIOGRAFIAS	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Extratos para avaliação do mapeamento do das áreas plantadas para as culturas do café Conilon e Arábica no cenário 2, representativos das Microrregiões de Planejamento do Estado do Espírito Santo.....	20
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo.....	12
Figura 2 – Etapas da metodologia utilizada para o mapeamento das áreas plantadas para as culturas do café Conilon (<i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner) e Arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) no Estado do Espírito Santo, ES (cenário 1).....	16
Figura 3 – Extratos para avaliação do mapeamento das áreas plantadas para as culturas do café Conilon e Arábica no cenário 2, representativos das Microrregiões de Planejamento do Estado do Espírito Santo.....	21
Figura 4 – Intersecção entre o mapeamento das áreas plantadas para as culturas do café Conilon e Arábica no cenário 2 e os segmentos. A) segmentos com área mapeada com café; B) segmentos sem área mapeada com café.....	22
Figura 5 – Fluxograma com todas as etapas a serem executadas para elaboração da classificação não-supervisionada das imagens do satélite CBERS, para o mapeamento das áreas plantadas para as culturas do café Conilon e Arábica no Estado do Espírito Santo, ES (cenário 2).....	24
Figura 6 – Localização da área de estudo com as estações climatológicas.....	27
Figura7- Fluxograma das etapas necessárias para obtenção do mapa de zoneamento agroclimatológico para o café Conilon no Estado do Espírito Santo.....	30
Figura8 -Fluxograma das etapas necessárias para obtenção do mapa de zoneamento agroclimatológico para o café Arábica no Estado do Espírito Santo.....	30
Figura 9 – Fluxograma das etapas necessárias para obtenção do mapa de zoneamento agroclimatológico para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo, com incremento de temperatura, nos próximos 100 anos.....	32

Figura 10 - Fluxograma das etapas necessárias para obtenção do mapa de zoneamento agroclimatológico para a cultura do café Arábica no Estado do Espírito Santo com incremento de temperatura, nos próximos 100 anos.....	32
--	----

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Distância de Mahalanobis.....	18
Equação 2 – Índice de vegetação por diferença normalizada.....	18
Equação 3 - Número total de elementos a serem amostrados.....	20
Equação 4 – Exatidão global.....	23
Equação 5 – Exatidão do usuário.....	23
Equação 6 – Exatidão do produtor.....	23

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é um dos principais motores da economia, representando 24% do PIB nacional e dentre os vários produtos de nossa agricultura o café é o mais importante, com distribuição geográfica em quase todo país, sendo também o 2º produto mais consumido, só ficando atrás da água, sendo que seu faturamento corresponde a 5% do PIB do Agronegócio Brasileiro.

De acordo com Assad e Pinto (2008), a cultura do café poderá ser atingida ou por deficiência hídrica ou por excesso térmico nas regiões tradicionais. Os Estados de São Paulo e Minas Gerais deverão perder condições de plantio em boa parte da área hoje cultivada. Por outro lado, poderá haver um incremento de produção em regiões do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, apesar de este acréscimo não ser capaz de compensar as perdas gerais da cultura.

O aumento da temperatura, veranicos e de eventos extremos, podem provocar perdas potenciais na agricultura. Pesquisadores associaram todos os métodos de financiamentos, de análise de riscos climáticos e acrescentaram o cenário do risco climático e do aquecimento global, e o futuro é preocupante.

Segundo Santos (1999), o café representa a maior fonte de renda da agricultura no Estado do Espírito Santo e contribui para a sustentabilidade da economia estadual, com profundas implicações no nível de renda da população do Estado.

O Espírito Santo é o 2º maior produtor de café do Brasil, com cerca de 25% da produção nacional e o maior produtor do café Conilon ocupando uma área de aproximadamente 329.700 ha em 33.456 propriedades com tamanho médio de 9,85ha/propriedade, e os principais municípios produtores de café Conilon são: Jaguaré, Vila Valério, Sooretama, Rio Bananal e São Gabriel da Palha, com uma produtividade média de 26,56 sc/ha, com área média ocupado pelo cafeeiro Conilon de 40%, nestas localidades. Já o café Arábica ocupa uma área de 197.110 ha em 22.713 propriedades, com tamanho médio de 8,65 ha/propriedade, e, os principais municípios produtores são Brejetuba, Iúna, Vargem Alta, Irupi, Afonso Cláudio com uma produtividade média de 12,48 s/ha, com área média ocupado pelo cafeeiro Arábica de 48,3% nestas localidades (CETCAF, acesso em 21 set. 2010).

O Estado do Espírito Santo, principalmente a região Norte e Noroeste, apresenta déficit hídrico em 80% das áreas cultivadas com a cultura do Conilon, apresentando também um quadro pluviométrico crítico com ocorrências de chuvas mal distribuídas, o que justifica a

utilização dos sistemas pressurizados na irrigação para evitar os riscos agrícolas (PEDEAG, 2008).

A agricultura irrigada tem sido uma importante estratégia para otimização da produção mundial de alimentos, gerando desenvolvimento sustentável no campo, com geração de empregos e renda de forma estável (MARTINS, 2009).

A microrregião Sudoeste Serrana, no Estado do Espírito Santo, foi selecionada como área principal do presente trabalho por apresentar uma área significativa de lavouras de café, 28.305 hectares, segundo os dados da Pesquisa de Produção Agrícola Municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (PAM IBGE, 2008).

Considerando a expansão da cafeicultura capixaba, necessário se faz a espacialização da área plantada, produção, produtividade e impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimatológico para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. GEOTECNOLOGIAS

De acordo com Rosa (2005), o geoprocessamento é tido como uma tecnologia do mundo contemporâneo de desenvolvimento e utilização de sistemas envolvendo a coleta, armazenamento, tratamento e análise de dados georreferenciados, oferecendo alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico da Terra.

Para Silva (2003), os fenômenos relacionados ao mundo real terrestre podem ser descritos de três maneiras:

Espacial: quando a variação muda de lugar para lugar, como declividade, altitude e profundidade do solo;

Temporal: quando os fenômenos variam com o tempo, por exemplo a densidade demográfica e a ocupação do terra; e

Temático: quando as variações são detectadas por meio de mudanças de características, como geologia e cobertura vegetal.

Dentre as geotecnologias que se encontram num estágio avançado de desenvolvimento, permitindo grande acessibilidade de recursos, a custos relativamente baixos, destacam-se o sistema de posicionamento global, o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas. No entanto, vale destacar que quando se refere a geotecnologias, há relação com informações temáticas amarradas à superfície terrestre por meio de um datum geodésico e de um sistema de coordenadas.

2.1.1. Sensoriamento remoto

Segundo Florenzano (2007), o sensoriamento remoto pode ser entendido como uma tecnologia que permite obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, por meio de sistemas sensores, sem que haja o contato físico.

Moreira (2007) diz que os sistemas sensores podem ser definidos como dispositivos capazes de detectar e registrar a radiação eletromagnética emitida por objetos, em faixa determinada do espectro eletromagnético, e gerar informações que possam ser transformadas num produto passível de interpretação, seja na forma de imagem, na forma gráfica ou qualquer outro produto.

Entre os pontos a serem analisados na escolha de um sensor, destacam-se: a eficiência, a frequência na obtenção de dados, o ângulo de visada, as resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal, custos, comportamento espectral dos alvos e os fatores que podem interferir no seu comportamento.

2.1.2. Sistemas de Informações Geográficas

De acordo com Aspiazú e Brites (1989), os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são técnicas empregadas na integração e análise de dados provenientes das mais diversas fontes, como imagens fornecidas por satélites terrestres, mapas, cartas climatológicas, censos, e outros.

Um sistema de informações geográfica é um sistema auxiliado por computador para adquirir, armazenar, analisar e exibir dados geográficos. Hoje, muitos *softwares* estão disponíveis para ajudar nesta atividade (EASTMAN, 1995).

Segundo Felgueira (1987), os SIGs são sistemas que automatizam tarefas realizadas manualmente e facilitam a realização de análises complexas, por meio da integração de dados geocodificadas.

O SIG tem como características principais a capacidade de coletar, armazenar e recuperar informações provenientes de fontes e formatos distintos, além de possibilitar a disponibilidade de aplicativos computacionais para edição de mapas, textos e gráficos (MARBLE e PEUQUET, 1983).

De acordo com Ferreira (1997), os SIGs podem ser considerados um instrumento para mapear e indicar respostas às várias questões sobre planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento dos recursos renováveis, descrevendo os mecanismos das mudanças que operam no meio ambiente e auxiliando no planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas.

A utilização de técnicas de geotecnologias constitui-se em instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e da água. Nesse contexto, os SIGs se inserem como uma ferramenta capaz de manipular as funções que representam os processos ambientais em diversas regiões de uma forma simples e eficiente, permitindo economia de recursos e tempo. Estas manipulações permitem agregar dados de diferentes fontes (por exemplo: imagens de satélite, mapas topográficos, mapas de solo, etc) em diferentes escalas. O resultado destas manipulações, geralmente, é

apresentado sob a forma de mapas temáticos com as informações desejadas (MENDES, 1997).

Marble e Peuquet (1983) afirmam que a importância do SIG deve-se a vários fatores, destacando-se: a) o SIG tecnológico é importante para a análise geográfica feita por microscópio, telescópio, computadores que podem ser exercidas por outras ciências. Estas poderiam conseqüentemente mostrar a necessidade para dissolver a sistemática regional e a dicotomia física e humana que tem tido longas procedências geográficas de outras disciplinas com o uso de informações geográficas; b) o SIG integra espacialmente outras classes de informações espaciais como um modelo. Estes oferecem um consistente trabalho para analisar dados geográficos.

O SIG é muito moderno e atual devido ao elevado nível de interesse em novos desenvolvimentos da computação e porque tem mostrado uma elevada técnica para percepção de informações geográficas (PARENT e CHURCH, 1987).

O SIG tem sido chamado de um “capacitador tecnológico”, segundo Fisher e Lindenberg (1989), porque tem o potencial de oferecer uma larga variedade de disciplinas, sendo que, a maior parte delas utiliza dados espaciais. As principais são: geografia, hidrologia, cartografia, sensoriamento remoto, fotogrametria, agrimensura, geodésia, estatística, entre outras.

As principais áreas de aplicação prática dos SIGs são: a) base de trabalhos reticulares de estradas; b) base de recursos naturais (Ex: administração de florestas e rios, análise de impacto ambiental, análise de habitat, zoneamentos, administração de qualidade da água, entre outros); c) facilidades de administração.

Aliado ao SIG está a computação gráfica. De acordo com Dobson (1983), várias foram as causas para o surgimento da computação gráfica (cartografia automática) destacando-se: a) necessidade de rapidez na produção e edição de mapas a partir de grandes arquivos já na forma digital; b) redução do custo cartográfico e o tempo de produção e edição de mapas.

O pequeno custo de mapas simples, a grande flexibilidade dos dados de saída, a facilidade de obtenção de escalas e de mudanças de projeção e os outros usos dos dados digitais contribuíram para o avanço da computação gráfica.

2.1.3. Uso de geotecnologias na espacialização de regiões produtoras de café

As técnicas de sensoriamento vêm ganhando importância operacional em nível mundial, permitindo a realização de estimativas com maior antecedência, com maior precisão e com menor custo quando comparadas com as técnicas tradicionais. Trabalhos realizados, principalmente no Brasil, vêm mostrando a importância da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto no estudo da cafeicultura (BERTOLDO et al., 2003; ALVES et al., 2003; MOREIRA et al., 2003). Estes trabalhos têm colaborado de maneira efetiva no levantamento, mapeamento e monitoramento de áreas cafeeiras. Mas, ainda são necessárias pesquisas que visem correlacionar os fatores biofísicos da cultura com sua resposta espectral, avaliar o uso de satélites de alta resolução espacial na obtenção e análise destes dados.

Geralmente os levantamentos sobre uma cultura, como área plantada e produção são realizadas por meio das informações dos municípios, que são coletadas sob métodos subjetivos, por meio dos censos agropecuários, baseado em agentes técnicos e econômicos, que nem sempre produzem dados confiáveis sobre certas culturas e suas respectivas áreas (OLIVEIRA, 2003). Desta forma, o sensoriamento remoto, aliado ao geoprocessamento, tornou-se uma ferramenta imprescindível no planejamento do espaço geográfico e no estudo dos recursos naturais (ODUM et al., 2001). Sendo assim, segundo Ippoliti-Ramilo (1998) o sensoriamento remoto é utilizado de maneira mais objetiva e precisa no levantamento de dados de cobertura da terra e por isso vêm sendo cada vez mais aplicados em áreas agrícolas, nas estimativas de área plantada e de rendimento em todo o mundo, demonstrando resultados bastante satisfatórios.

Neste sentido, Moreira, Adami e Rudorff (2004) avaliaram o potencial das imagens adquiridas pelos satélites da série Landsat, no mapeamento da cultura do café para a previsão de safras. Foi feita uma análise temporal do comportamento espectral de lavouras de café-formação e café-produção por meio de imagens livres de nuvens adquiridas nos anos de 1999 e 2001. As imagens do período seco foram mais eficientes no mapeamento de lavouras de café-formação e café-produção. As imagens da banda 4, referente ao espectro do infravermelho próximo, dos dois sensores apresentaram melhor diferenciação espectral entre café e os demais alvos da cena. A reflectância do café-produção apresentou grande variabilidade entre lavouras, que pode ser atribuída à idade, espaçamento de plantas, cultivar, indicando a necessidade de trabalho em campo para a correta identificação das lavouras de café nas imagens do satélite Landsat.

2.2. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS, ZONEAMENTO AGROCLIMATOLÓGICO PARA A CULTURA DO CAFÉ E MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS (MCG)

Os fatores ambientais, clima e solo, quando em condições adversas, dificultam e até podem inviabilizar a exploração do cafeeiro, acarretando baixa produtividade, independentemente de todos os demais tratos terem sido executados adequadamente.

Nas plantas, o aumento da temperatura é diretamente proporcional à atividade fotossintética. As reações catalisadas enzimaticamente podem ser aceleradas, resultando na perda da atividade das enzimas, fator este associado à tolerância das plantas ao calor (BIETO & TALON, 1996). No caso do cafeeiro da espécie *Coffea arabica*, temperaturas médias anuais ótimas situam-se entre 18°C e 22°C. A ocorrência freqüente de temperaturas máximas superiores a 34°C causa o abortamento de flores e, conseqüentemente, perda de produtividade (CAMARGO, 1985; PINTO et al., 2001; SEDIYAMA et al., 2001). Temperaturas entre 28°C e 33°C provocam uma redução na produção de folhas e na atividade fotossintética do cafeeiro (DRINNAN & MENZEL, 1995).

As deficiências hídricas afetam menos a cafeicultura, quando não se estendem até a estação de frutificação e estão sob condições de solos profundos e de boas condições físicas. Para vegetar e frutificar normalmente, o cafeeiro necessita encontrar umidade suficiente no solo, durante o período de vegetação e de frutificação, que compreende o intervalo de meses que vai de setembro à outubro e de abril à maio (SANTOS, 1999).

Para o cafeeiro, os fatores edáficos de maior importância são aqueles relacionados à profundidade do solo, isto é, à camada de solo que pode ser explorada livremente pelas raízes, ao suprimento de água e ar e ao suprimento de nutrientes disponíveis às plantas. Apesar de existirem cafezais desenvolvendo-se, satisfatoriamente, em solos com profundidade em torno de 1,0 m, acredita-se que a profundidade mais adequada, especialmente nas áreas com carência hídrica, deveria ser superior a 1,50 m (SANTOS, 1999).

Os solos mais adequados ao cultivo do cafeeiro são os solos profundos, bem drenados, porosos, com uma estrutura granular de tamanho médio e moderadamente desenvolvida. A textura mais favorável é a média, não sendo recomendado solos com teor de argila menor do que 20% e, quando muito argiloso, apresentar estrutura e porosidade favorável à cultura.

O relevo, também, é importante na instalação de novos cafezais, principalmente com vistas à mecanização e conservação do solo. Deve-se situar o cafezal na face Norte, ou poente, ou em pontos intermediários, restringindo-se, ao mínimo, as exposições Sul, em virtude dos

ventos frios do Sul a que nosso hemisfério está exposto. Nas zonas sujeitas ao fenômeno das geadas, devem ser evitados os terrenos baixos de difícil circulação de ar.

As condições ambientais estão intimamente relacionadas à produtividade das culturas, sendo de grande importância a escolha de áreas mais homogêneas, que, aliadas às técnicas de manejo, poderão levar ao aumento da produtividade das culturas. Segundo Santos (1999), as principais causas de variações na produtividade agrícola são: variações em uma mesma propriedade, relação solo-microclima, variações entre propriedades de uma mesma região, técnicas de manejo, variações de ano para ano e os fatores econômicos.

O conhecimento dos limites das regiões climaticamente homogêneas pode trazer benefícios diretos à diversas atividades agrícolas da região, especialmente porque poderá ser extremamente útil na seleção de uma dada cultura, ou na indicação de outra cultura para uma região específica (SANTOS, 1999).

Sendo assim, o zoneamento agrícola é uma técnica utilizada para determinar regiões propícias ao desenvolvimento de determinadas culturas, sendo que as condições de ambiente, de solo e econômicas, quando favoráveis, proporcionam maior produtividade e rentabilidade (OMETO, 1981). Portanto, ele deve ser constantemente atualizado visando obter maiores informações sobre as condições climáticas de culturas selecionadas e, sobretudo, proporcionar maior retorno dos investimentos, a médio e longo prazo, para os produtores. Para tanto, há a necessidade de obtenção de dados mais consistentes, bem como a utilização de técnicas mais modernas para identificação de áreas mais propícias ao desenvolvimento das culturas (SANTOS, 1999).

De acordo com Camargo (apud SANTOS, 1999), o zoneamento agroclimatológico para a cultura do café constitui um importante instrumento no planejamento e consolidação da atividade cafeeira, devendo ser considerado em qualquer iniciativa que envolva a sua planificação.

É importante ressaltar que a não indicação de uma área para uma cultura não significa que essa área não seja apta para a espécie selecionada, uma vez que há sempre possibilidades de se conseguir o ajustamento de práticas agrícolas com variedades selecionadas ou, então, utilizar técnicas agrícolas mais eficientes. Portanto, o zoneamento agroclimatológico é uma ferramenta que possibilita levar aos produtores da região, informações sobre as características climáticas e as futuras atividades agrícolas que serão colocadas em prática, aumentando, assim, a rentabilidade desses produtores que, poderão, então fazer um

planejamento mais criterioso, objetivando retornos mais satisfatórios do capital investido na produção, a médio e longo prazo.

Sabe-se que as mudanças climáticas globais (MCG) poderão alterar o status da produção e produtividade das culturas agrícolas, de modo que é necessário e urgente entender os impactos dessas MCG sobre a agricultura.

Neste sentido, de acordo com Assad et al. (2004), a problemática das mudanças climáticas globais levou a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e a UNEP (United Nations Environment Programme) a criarem o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) em 1988. De acordo com o último relatório do IPCC (2007), fica evidente que a temperatura do planeta está em ascensão, sendo que as projeções até o final deste século, apontam para aumentos de 1,1 a 6,4°C na temperatura média do ar em vários locais do Planeta, incluindo o Brasil. Com a mudança climática, a agricultura deverá sofrer alterações e adaptações consideráveis neste século. A resposta das culturas agrícolas a cenários de mudança climática tem sido realizadas através de estudos numéricos, inclusive no Brasil (STRECK, 2005). Estes estudos têm concentrado foco no rendimento das culturas (STRECK e ALBERTO, 2006a,b) ou na fenologia das culturas (ASSAD et al., 2004; STRECK et al., 2006; LAGO et al., 2008), não no desenvolvimento foliar.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Espírito Santo está dividido em 78 municípios, agrupados em 12 Microrregiões de Planejamento. Essa divisão tem a finalidade de contribuir com a promoção de ações regionalizadas por parte do Governo do Estado, superando problemas de diferente natureza por meio de diversas ações e soluções relacionadas com as peculiaridades e atividades de cada região, buscando um desenvolvimento regional integrado e sustentável (IJSN, 2009).

Dentre as microrregiões está a Sudoeste Serrana, que é formada por sete municípios: Domingos Martins, Venda Nova do Imigrante, Afonso Cláudio, Marechal Floriano, Conceição do Castelo, Brejetuba e Laranja da Terra (Figura 1). A dinâmica da economia desta microrregião é comandada pelo setor agropecuário, principalmente no que diz respeito à geração de renda e empregos. Neste aspecto as principais atividades do setor são a olericultura e a cafeicultura. Em segundo plano aparece a avicultura. Na cafeicultura destaca-se a produção do café arábica, principalmente o arábica bebida fina cultivado em Venda Nova do Imigrante, cujos incrementos de qualidade têm funcionado como elementos de diferenciação competitiva, agregando valor ao produto regional e proporcionando

melhores preços e sua disseminação no mercado externo, principalmente os mais exclusivos.

A microrregião Sudoeste Serrana possui uma área territorial de 3.817,91 km². Está localizada entre os paralelos de 19°45'35" a 20°31'25" de latitude Sul e os meridianos 40°32' a 41°25' longitude Oeste de Greenwich (Figura 2). Integra, com os Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, a chamada Faixa de Desenvolvimento da Região Sudeste (SANTOS, 2006).

O clima desta microrregião está diretamente relacionado à altitude do relevo que é predominantemente montanhoso e de grande diversidade de ambientes. A temperatura é fria, onde predominam a olericultura e a fruticultura, é amena nas regiões de transição da região Serrana para o Norte e para o Sul, onde predomina a cultura do café arábica, e quente nas demais regiões, nas quais são predominantes a cultura do café robusta. A umidade varia de seca, na maior parte do Estado, á úmida nas regiões Central-Serrana, onde está localizada a microrregião Sudoeste Serrana (SANTOS et al., 2011).

A importância deste trabalho de mapeamento relaciona-se à economia de tempo em trabalhos de campo, economia de recursos financeiros e humanos e visão sinóptica a ser mapeada, garantindo assim, maior consistência às estimativas de produção.

De acordo com Peluzio et. al., (2009), o clima do Estado do Espírito Santo é tropical úmido, com temperaturas médias anuais de 23,91 graus e volume de precipitação média anual de 1240 mm.

A interferência da orografia sobre o fator regional (mecanismo atmosférico), determina uma série de variedades climáticas, tanto no que se refere à temperatura quanto à precipitação. Devido a isto, a diversificação climática é grande, porém o Estado possui uma unidade climatológica específica, pois se encontra sob uma zona onde frequentemente o choque entre o sistema de altas tropicais e o sistema de altas polares se dá em equilíbrio dinâmico. O Estado é bem regado por chuvas, no entanto a distribuição deste fenômeno se faz de modo muito desigual ao longo do espaço territorial e ao longo do ano (DEL'ORTO, 2005).

Figura 1. Municípios da Microrregião Sudoeste Serrana

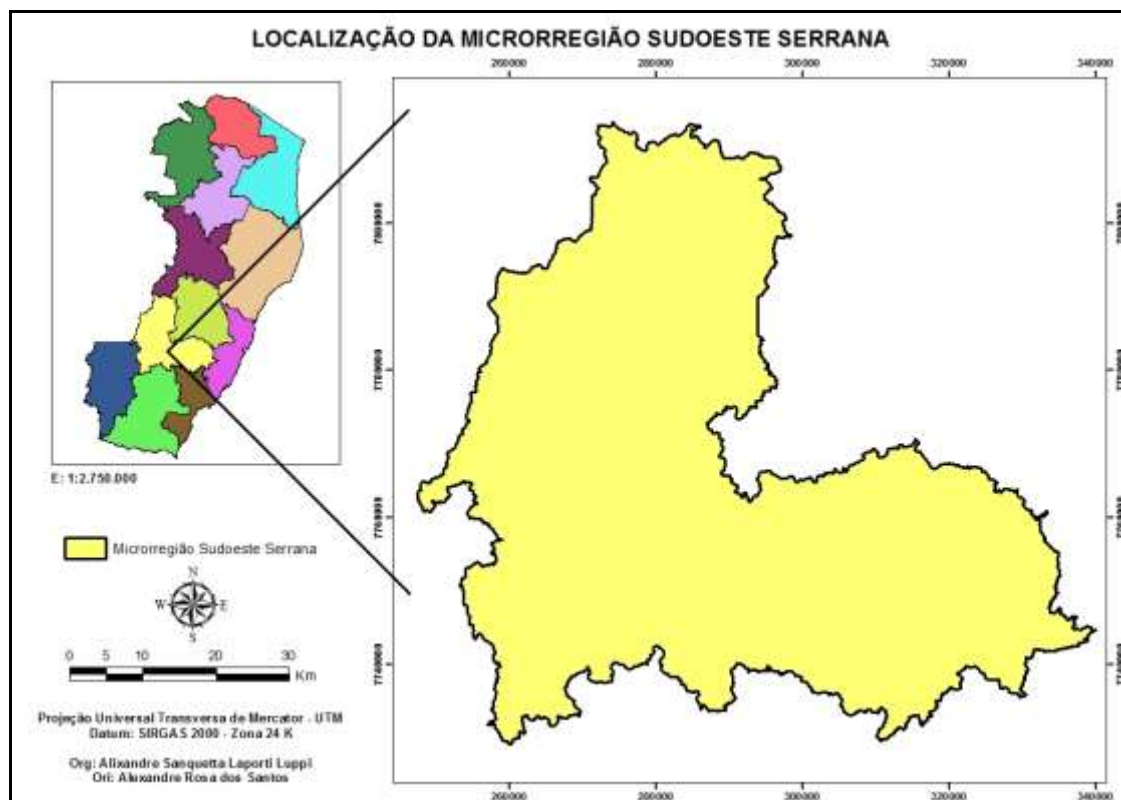


Figura 2. Localização da Microrregião Sudoeste Serrana

4. IMAGENS AEROFOTOGRAMÉTRICAS PARA O MAPEAMENTO DAS ÁREAS PLANTADAS PARA AS CULTURAS DO CAFÉ CONILON (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) E ARÁBICA (*Coffea arabica* L.) NA MICRORREGIÃO SUDOESTE SERRANA, ES

4.1. OBJETIVO

O objetivo geral deste capítulo será:

- Mapear as áreas plantadas para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES, utilizando imagens aerofotogramétricas.

Os objetivos específicos deste capítulo são:

- Fotointerpretação aerofotogramétrica, na escala cartográfica de 1:2.000, para o mapeamento das áreas plantadas para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Materiais a serem utilizados

Para a realização deste estudo, utilizar-se-ão:

a) Ortofoto, índice nº 24-771 do ortofotomosáico do Estado do Espírito Santo, com resolução espacial de 1,1 m, nos intervalos espectrais do visível (0,45 – 0,69 μm) e escala de 1 : 35.000, retratando a cobertura local de julho de 2007. O ortofotomosáico, fruto do convênio “VALE DE QUALIDADE AMBIENTAL” celebrado entre a Companhia VALE e o Governo do Estado, representado pelo IEMA, abrange todo o território do Estado do Espírito Santo. É formado pela articulação de cerca de 540 blocos de imagens de 10 km x 10 km, muito úteis para a identificação e mapeamento de feições geográficas e do uso da terra como fragmentos florestais, corpos d’água, afloramentos rochosos, atividades agrícolas, pastagens, reflorestamentos, sistema viário, áreas urbanas, áreas industriais, áreas degradadas, cortes e aterros, entre outras informações que servem de base para orientar as ações institucionais e as políticas públicas na gestão ambiental (IEMA, 2009).

b) Um Notebook Intel® Core™ i5 CPU, com 2,67 GHz e 8,00 GB de RAM, contendo instalados os programas necessários para o desenvolvimento e processamento dos dados;

c) Programas computacionais ArcGIS, versão 9.3, módulos ArcMap e ArcInfo Workstation (ESRI, 2006), e SPRING 5.1.4 (CÂMARA et al., 1996), para o tratamento e análise dos dados, respectivamente;

d) GPS de navegação ou sem correção diferencial;

e) Pesquisa bibliográfica.

Antes de realizar e mapear as áreas plantadas para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES, utilizando imagens orbitais, de acordo com Santos, Peluzio e Saito (2010), os seguintes procedimentos serão executados:

1. Pré-processamento das ortofotos visando minimizar, ao máximo, suas distorções. Estas distorções podem ser classificadas em radiométricas e geométricas. As distorções radiométricas alteram os níveis de cinza de cada elemento da imagem. Já as distorções geométricas alteram a distribuição espacial dos elementos de imagem, afetando escala, afinidade, orientação, entre outras;

2. Realce de imagens com o objetivo de modificar, por meio de funções matemáticas, os níveis de cinza ou os valores digitais de uma imagem, de modo a destacar certas informações espectrais melhorando a sua qualidade visual;

3. Transformação das projeções cartográficas e datums originais das imagens e das bases para a projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) e o Datum Horizontal SIRGAS 2000, procurando cumprir o Decreto N° 5334/2005 e Resolução N° 1/2005 do IBGE que estabelecem o SIRGAS 2000 como o novo Sistema de Referência Geocêntrico para o Brasil;

4. Mosaicagem e recorte desses planos de informação de modo a contemplar apenas a área de interesse, representativa da Microrregião Sudoeste Serrana.

4.2.2. Fotointerpretação aerofotogramétrica, na escala cartográfica de 1:2.000, para o mapeamento das áreas plantadas para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

Nesta etapa será realizada a fotointerpretação das áreas plantadas para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário1), utilizando um ortofotomosaico com resolução espacial de 1,1 m, nos intervalos espectrais do visível (0,45 – 0,69 μm). Neste caso, será realizada a digitalização via tela das feições representativas das culturas do café Conilon e Arábica, na escala padrão de 1:2.000, utilizando o aplicativo computacional ArcGIS 9.3. Será elaborado um arquivo vetorial poligonal para as classes de café Conilon e Arábica.

A classificação visual de imagens, segundo Moreira (2007), é o processo de extração de informações a respeito dos alvos da superfície terrestre, com base em suas respostas espectrais, aliado a outros elementos, tais como: forma, textura, tonalidade/cor, sombra, etc.

Desta forma, após sucessivas visitas de campo e a observação cuidadosa das classes fotointerpretadas, caso seja necessário, serão aplicadas técnicas de edição e ajuste com o objetivo de eliminar os erros de omissão e comissão verificados.

O fluxograma com as etapas da metodologia a ser utilizada para o mapeamento das áreas plantadas para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário 1) são mostradas na Figura 3.

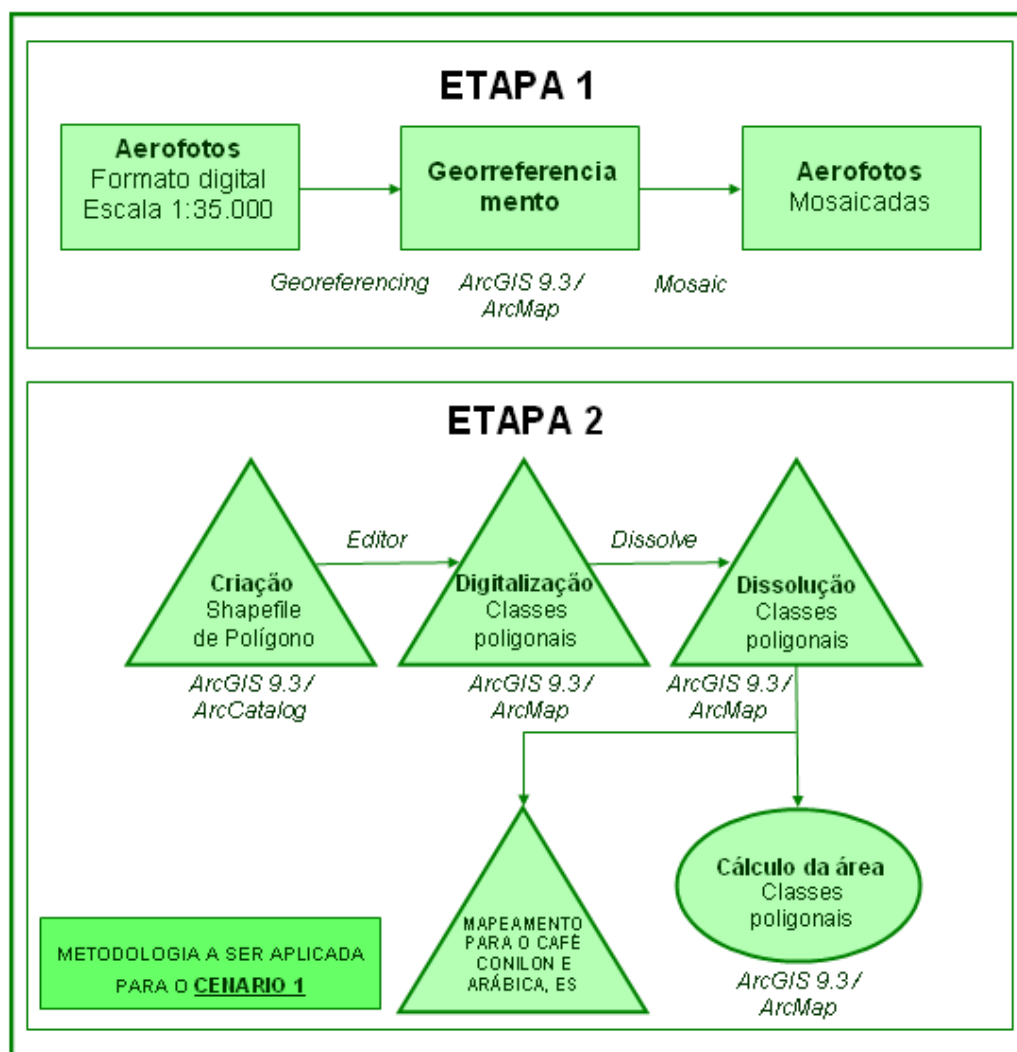


Figura 3. Etapas da metodologia utilizada para o mapeamento das áreas plantadas para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) no Estado do Espírito Santo, ES (cenário 1).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5. ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ZONEAMENTO AGROCLIMATOLÓGICO PARA AS CULTURAS DO CAFÉ CONILON (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) E ARÁBICA (*Coffea arabica* L.) NA MICRORREGIÃO SUDOESTE SERRANA, ES.

5.1. OBJETIVO

Os objetivos deste capítulo serão:

- Definir, por meio do zoneamento agroclimatológico, áreas com diferentes aptidões climáticas para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário 1)
- Verificar o efeito do incremento de temperatura, nos próximos 100 anos, no zoneamento agroclimatológico para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário 2).

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Materiais a serem utilizados

Para a realização deste estudo, utilizar-se-ão:

- a) Séries históricas de temperatura média do ar e deficiência hídrica de 110 estações meteorológicas pertencentes ao INCAPER, INMET e ANA;
- b) Projeções futuras de temperatura média do ar, preditas por seis modelos disponibilizadas pelo IPCC, a saber: GFDL-R30, CCSR/NIES, CSIROmk2, CGCM2, ECHAM4 e HadCM3 (IPCC, 2007).
- c) Um Notebook Intel® Core™ i5 CPU, com 2,67 GHz e 8,00 GB de RAM, contendo instalados os programas necessários para o desenvolvimento e processamento dos dados;
- d) Programas computacionais ArcGIS, versão 9.3, módulos ArcMap e ArcInfo Workstation (ESRI, 2006), e SPRING 5.1.4 (CÂMARA et al., 1996), para o tratamento e análise dos dados, respectivamente;
- e) GPS de navegação ou sem correção diferencial;
- f) Pesquisa bibliográfica.

5.2.2. Zoneamento agroclimatológico para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário 1)

O trabalho será baseado na sobreposição de mapas, que caracterizam a temperatura média anual do ar e deficiência hídrica média anual, favoráveis ao desenvolvimento do café Arábica e Conilon, na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

Todos os mapas digitais serão elaborados por meio do *software ArcGIS*, versão 9.3, módulos ArcMap e ArcInfo Workstation (ESRI, 2006).

Para realização do presente trabalho, foram utilizados dados de temperatura média do ar e deficiência hídrica, em escala mensal e anual, no período de 2010.

Para o estado do Espírito Santo, os dados meteorológicos foram obtidos de 94 pontos de medição, sendo 11 pertencentes à rede de estações meteorológicas do Instituto Capixaba de Pesquisas e Extensão Rural (INCAPER), 3 pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que medem a temperatura do ar e precipitação e outros 80 pertencentes à Agência Nacional das Águas (ANA).

Adotou-se ainda 16 pontos pluviométricos também pertencentes à ANA localizados fora do estado tendo com objetivo minimizar o efeito de borda no processo de interpolação. No total foram utilizados 110 pontos de medição, como é mostrado na Figura 3.

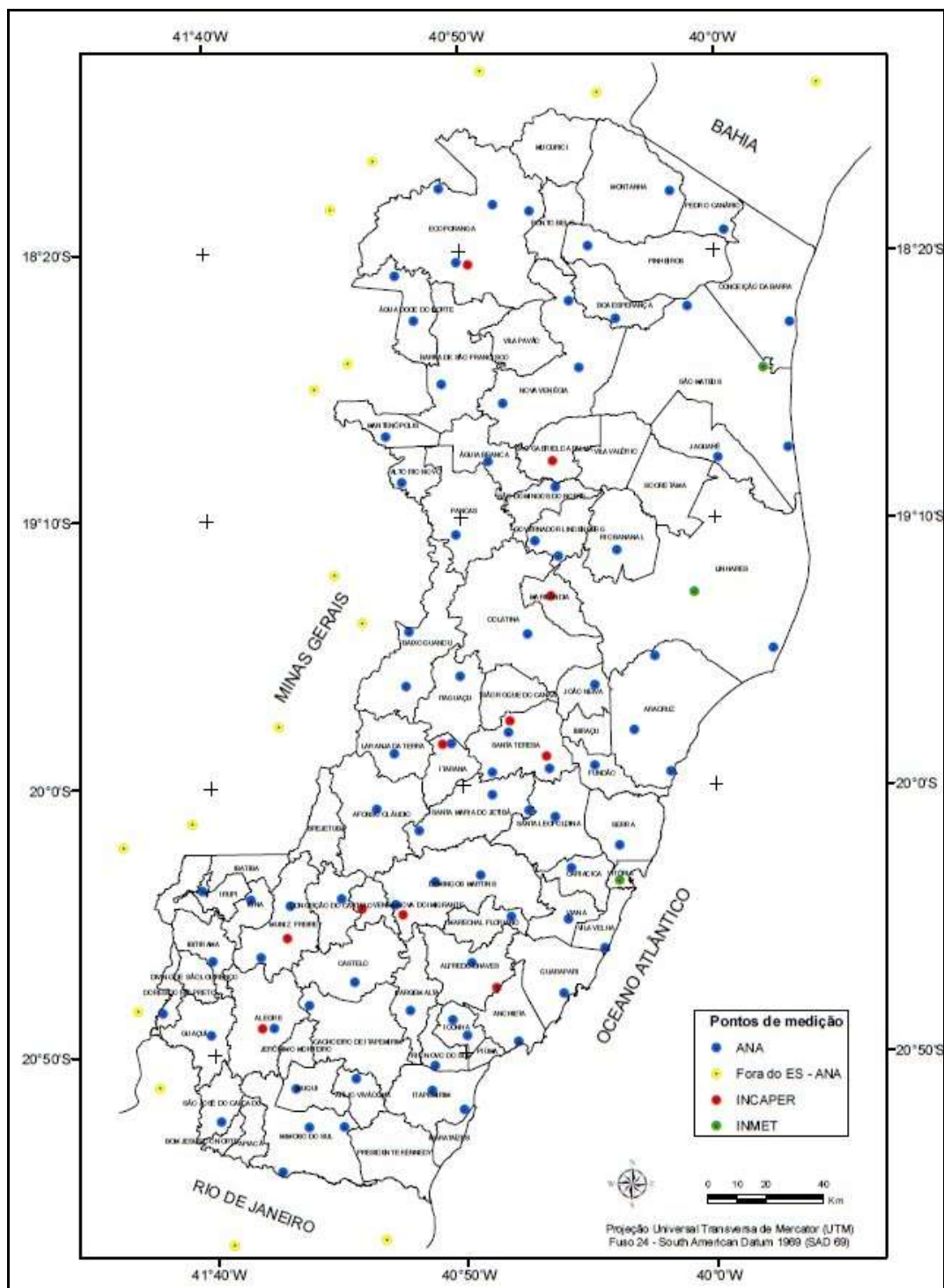


Figura 4. Distribuição espacial dos pontos de medição dos dados climáticos localizadas sobre o estado do espírito Santo e estados vizinhos. **FONTE. FABIO CASTRO**

Todos os dados das estações meteorológicas estão unidas em um macro-planilha, e esta ligada a 111 planilhas. Através dos dados da macro-plhanilha de deficiência hídrica média anual será realizada a interpolação por Krigagem de modo esferical, **através da ferramenta SPATIAL ANALIST do aplicativo computacional ArcGIS 9.3**, resultando em um mapa de

deficiência hídrica média anual. O mapa de temperatura média anual será criado a partir de uma equação de regressão linear múltipla conforme a equação 1, isto é necessário devido à temperatura média do ar ser dependente da latitude e principalmente da altitude, não sendo possível obter um mapa de temperatura com boa precisão somente por interpolação. A equação linear múltipla apresenta três variáveis sendo:

Modelo Digital de Elevação (MDE), este foi resultado de uma imagem de radar SRTM proveniente de uma missão de mapeamento do relevo terrestre SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), desenvolvido pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) e NGA (National Geospatial Intelligence Agency) dos Estados Unidos no ano de 2000. Apresenta boa resolução de 90 metros para toda América do Sul.

Latitude, as latitudes dos locais de implantação das estações meteorológicas, forma interpoladas originando um mapa de latitude.

Longitude, as longitudes dos locais de implantação das estações meteorológicas, forma interpoladas originando um mapa de latitude.

$$\text{TEMP} = X - Y.\text{ALT} - W.\text{LAT} + Z.\text{LONG}$$

Os coeficientes estatísticos da equação de regressão linear múltipla foram calculados através do programa computacional Microsoft Office Excel 2003.

Onde:

TEMP= Temperatura Média Anual;

ALT= Altitude (MDE);

LAT= Latitude;

LONG= Longitude;

X, Y, W e Z= Coeficientes estatísticos.

Através da equação linear múltipla e os mapas das variáveis da equação, foi criado o mapa de temperatura média do ar multiplicando os mapas pelos referentes coeficientes estatísticos da equação através da ferramenta RASTER CALCULATOR do aplicativo computacional ArcGIS 9.3.

De posse dos mapas de temperatura e deficiência hídrica média anual, será utilizada a técnica de reclassificação espacial, de acordo com as faixas de aptidão, para satisfazer as diferentes limitações e possibilidades climáticas, para a cultura do café Arábica e Conilon, na Microrregião Sudoeste Serrana.

O mapa de temperatura média anual deverá ser reclassificado para atender às classes de aptidão, tanto para o café Arábica como para o café Conilon, relacionando estas classes a uma nota, para o Café Conilon as áreas aptas receberão nota 4, as áreas restritas nota 3 e as áreas inaptas nota 2, já para o Café Arábica as áreas aptas receberão nota 3, as áreas restritas nota 4 e as áreas inaptas nota 2, obtendo-se assim, os mapas finais de zonas de aptidão de temperatura para as duas espécies de café.

As faixas de aptidão para o café Arábica serão:

Apta: 18,0 – 22,5 °C

Restrita: 22,5 – 24,0 °C

Inapta: < 18,0 °C e > 24,0 °C

As faixas de aptidão para o café Conilon serão:

Apta: 22,5 – 24,0 °C

Restrita: 20,0 – 22,5 °C

Inapta: < 20,0 °C e > 24,0 °C

O mapa de deficiência hídrica anual deverá ser reclassificado para atender às classes de aptidão, tanto para o café Arábica como para o café Conilon, relacionando estas classes a uma nota, onde as áreas aptas receberão nota 5, as áreas restritas nota 7 e as áreas inaptas nota 9, tanto para o Café Conilon quanto para o Café Arábica, obtendo-se assim, os mapas finais de zonas de aptidão de deficiência hídrica para as duas espécies de café.

As faixas de aptidão para o café Arábica serão:

Apta: < 150 mm

Restrita: 150 – 200 mm

Inapta: > 200 mm

As faixas de aptidão para o café Conilon serão:

Apta: < 200 mm

Restrita: 200 – 400 mm

Inapta: > 400 mm

As Figuras 5 e 6, mostram os fluxogramas contendo todas as operações envolvidas no processo de manipulação e execução das diversas etapas, que culminarão nos mapas finais do zoneamento agroclimatológico para o Café Conilon (ZONACC) e Arábica (ZONACA) na Microrregião Sudoeste Serrana, respectivamente. Estes mapas serão obtidos por meio do cruzamento dos mapas já reclassificados de temperatura média anual e deficiência hídrica anual através da ferramenta RASTER CALCULATOR do aplicativo computacional ArcGIS 9.3, onde as notas serão multiplicadas e o resultado da operação será relacionado à classe de aptidão, segundo a Tabela 1.

As notas de reclassificação foram criadas de forma que o resultado da multiplicação, não se repita, facilitando a análise e julgamento das aptidões de temperatura e deficiência hídrica.

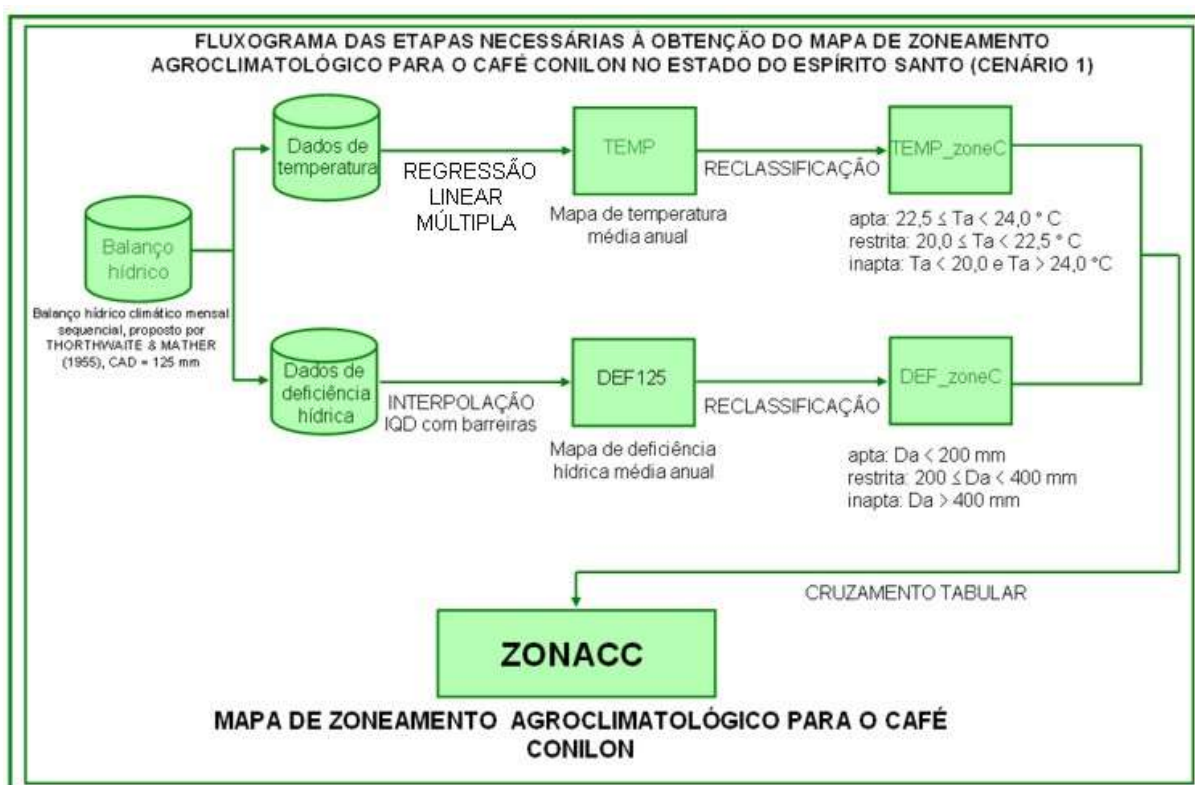


Figura 5 - Fluxograma das etapas necessárias para obtenção do mapa de zoneamento agroclimatológico para o café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

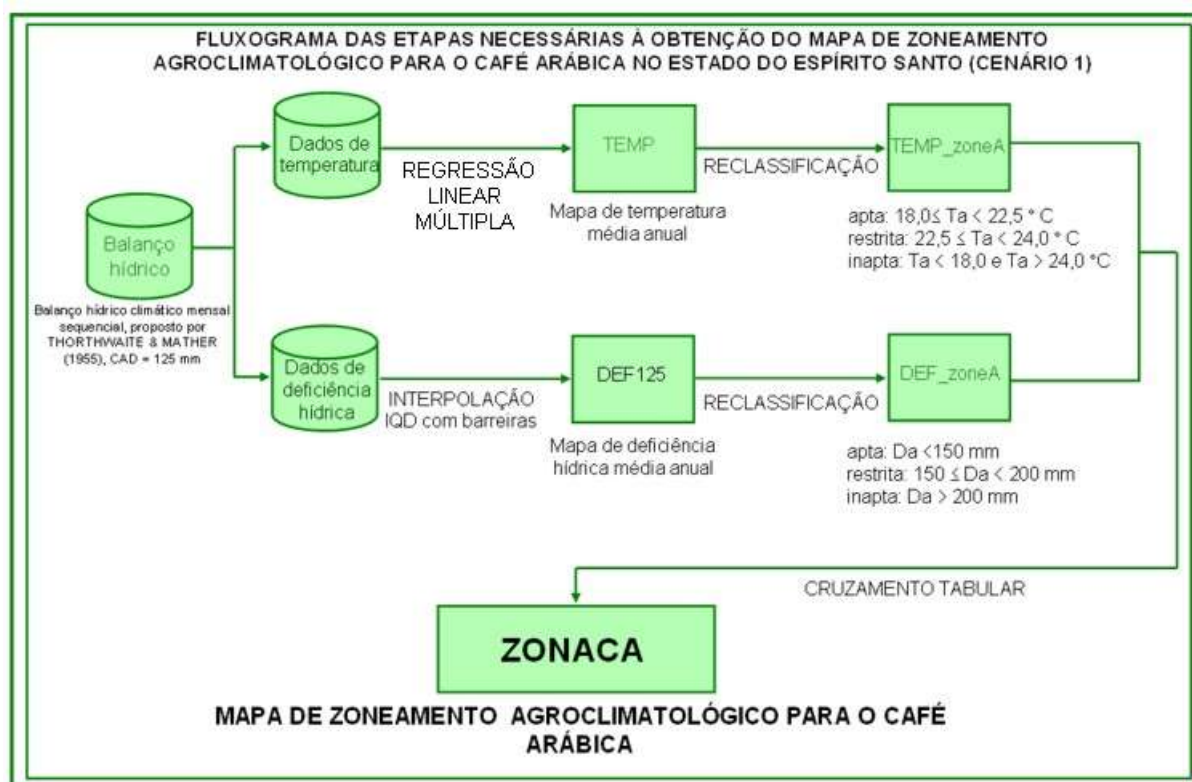


Figura 6 - Fluxograma das etapas necessárias para obtenção do mapa de zoneamento agroclimatológico para o café Arábica na Microrregião Sudoeste Serrana.

Tabela 1- Resultado da operação de multiplicação das notas dos mapas de temperatura e deficiência hídrica média anual, relacionado às classes de aptidões do zoneamento agroclimatológico para o Café Conilon (ZONACC).

Temperatura Reclassificada	Multiplicação	Deficiência Hídrica Reclassificada	Igualdade	ZONACC	Aptidão	
					Temperatura	Deficiência Hídrica
2	X	5	=	10	Inapto	Apto
3	X	5	=	15	Restrito	Apto
4	X	5	=	20	Apto	Apto
2	X	7	=	14	Inapto	Restrito
3	X	7	=	21	Restrito	Restrito
4	X	7	=	28	Apto	Restrito
2	X	9	=	18	Inapto	Inapto
3	X	9	=	27	Restrito	Inapto
4	X	9	=	36	Apto	Inapto

Tabela 2- Resultado da operação de multiplicação das notas dos mapas de temperatura e deficiência hídrica média anual, relacionado às classes de aptidões do zoneamento agroclimatológico para o Café Arábica (ZONACA).

Temperatura Reclassificada	Multiplicação	Deficiência Hídrica Reclassificada	Igualdade	ZONACA	Aptidão	
					Temperatura	Deficiência Hídrica
2	X	5	=	10	Inapto	Apto
3	X	5	=	15	Apto	Apto
4	X	5	=	20	Restrito	Apto
2	X	7	=	14	Inapto	Restrito
3	X	7	=	21	Apto	Restrito
4	X	7	=	28	Restrito	Restrito
2	X	9	=	18	Inapto	Inapto
3	X	9	=	27	Apto	Inapto
4	X	9	=	36	Restrito	Inapto

5.2.3. Efeito do incremento de temperatura, nos próximos 100 anos, no zoneamento agroclimatológico para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário 2)

Nesta etapa, praticamente toda metodologia aplicada para elaboração do zoneamento agroclimatológico para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário 1) será novamente aplicada, considerando algumas modificações como o efeito do incremento de temperatura, nos próximos 100 anos (cenário 2), de: +1°C, +2°C, +3°C, +4°C e +5°C, obtidos no endereço eletrônico do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) (IPCC, 2007) e inseridos no banco de dados do Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Os dados das estações meteorológicas estão unidos em uma macro-planilha e esta ligada a 111 planilhas, assim serão adicionados +1°C, +2°C, +3°C, +4°C e +5°C, nos dados de temperatura das 111 planilhas, e a cada adição de um algarismo as planilhas foram salvas em uma pasta diferente juntamente com a macro-planilha, resultando em 5 pastas, cada uma com 111 planilhas mais a macro-planilha, onde as planilhas de cada pasta apresentam a mesma adição na temperatura porém entre pastas as adições na temperatura são

diferentes, onde vai de + 1 na pasta 1, até + 5 na pasta 5. No total foram modificadas 555 planilhas, este procedimento foi necessário para que os dados de deficiência hídrica fossem modificados, de acordo com a modificação na temperatura, pois esta segue conforme a Equação 2 e não é proporcional a temperatura, ou seja, a cada 1°C de aumento na temperatura não aumenta 1 mm na deficiência hídrica.

Deste modo foram originadas 5 macro-planilhas com adição nos dados de temperatura de +1°C, +2°C, +3°C, +4°C e +5°C, prevendo a temperatura média do ar, preditas por seis modelos disponibilizadas pelo IPCC, a saber: GFDL-R30, CCSR/NIES, CSIROmk2, CGCM2, ECHAM4 e HadCM3 (IPCC, 2007) nos próximos 100 anos. Deste modo totalizará 5 macro-planilhas das projeções futuras.

Este incremento de temperatura já foi testado anteriormente para Santa Maria, RS (STRECK e ALBERTO, 2006a,b; LAGO et al., 2008).

Os dados futuros de temperatura serão estimados por seis modelos, a saber: GFDL-R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, R-30 resolution model), CCSR/NIES (Center for Climate Research Studies Model), CSIROmk2 (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization GCM mark 2), CGCM2 (Canadian Global Coupled Model version 2), ECHAM4 (European Centre Hamburg Model version 4) e HadCM3 (Hadley Centre Coupled Model version 3).

Através dos dados das 5 macro-planilhas de deficiência hídrica será realizada a interpolação por Krigagem de modo esferical, através da ferramenta SPATIAL ANALIST do aplicativo computacional ArcGIS 9.3, onde os dados de cada macro-planilha resultou em um mapa de deficiência hídrica, resultando em 5 mapas de deficiência hídrica dos próximos 100 anos, com adição na temperatura média anual de 1°C á 5°C.

Os mapas de temperatura média anual com adição de 1°C á 5°C, serão criados conforme uma equação de regressão linear múltipla conforme a equação 1, porem serão originadas 5 equações diferentes, que originarão 5 mapas diferentes de temperatura média anual, com adição de 1°C á 5°C.

Após a criação dos 5 mapas de temperatura média do ar e 5 mapas de deficiência hídrica, com adição de 1°C á 5°C na temperatura média anual, totalizando 10 mapas, estes serão reclassificados de acordo com as faixas de aptidão para o Café Arábica e Conilon, originando 20 mapas reclassificados para as duas variedades de café. Após a reclassificação os mapas de temperatura e deficiência hídrica são multiplicados originando os zoneamentos agroclimatológicos, totalizando 5 zoneamentos para o Café Conilon

(ZONACC +1°C, ZONACC +2°C, ZONACC +3°C, ZONACC +4°C e ZONACC +5°C) e 5 zoneamentos para o Café Arábica (ZONACA +1°C, ZONACA +2°C, ZONACA +3°C, ZONACA +4°C e ZONACA +5°C), onde cada um apresenta de 1°C á 5°C de adição na temperatura média anual.

Toda metodologia de reclassificação e cruzamento dos mapas reclassificados segue conforme a metodologia aplicada para elaboração do zoneamento agroclimatológico para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário 1).

As Figuras 7 e 8 mostram os fluxogramas contendo todas as operações envolvidas no processo de manipulação e execução das diversas etapas, que culminarão nos mapas finais de zoneamento agroclimatológico para as culturas do café Conilon e Arábica na Microrregião Sudoeste Serrana, respectivamente, caracterizando o efeito do incremento de temperatura, nos próximos 100 anos (cenário 2).

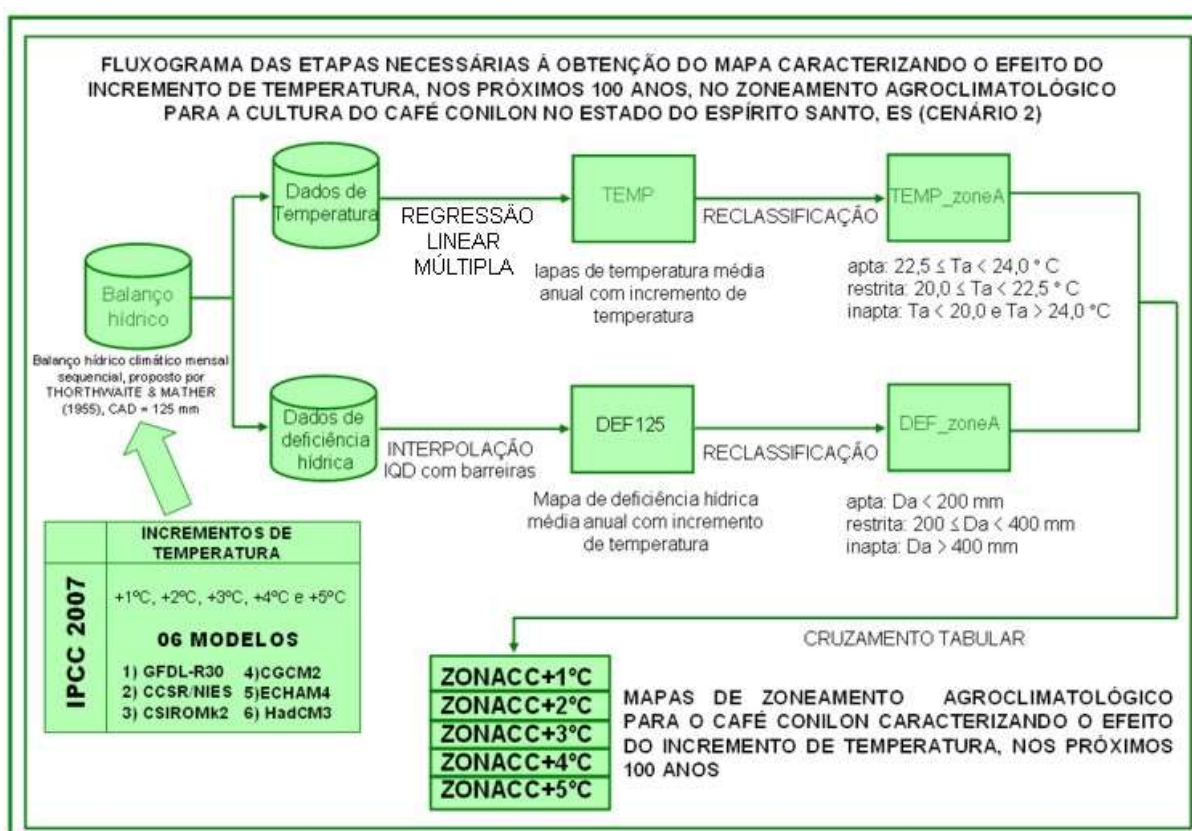


Figura 7 - Etapas necessárias para obtenção do mapa de zoneamento agroclimatológico para a cultura do café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana, com incremento de temperatura, nos próximos 100 anos.

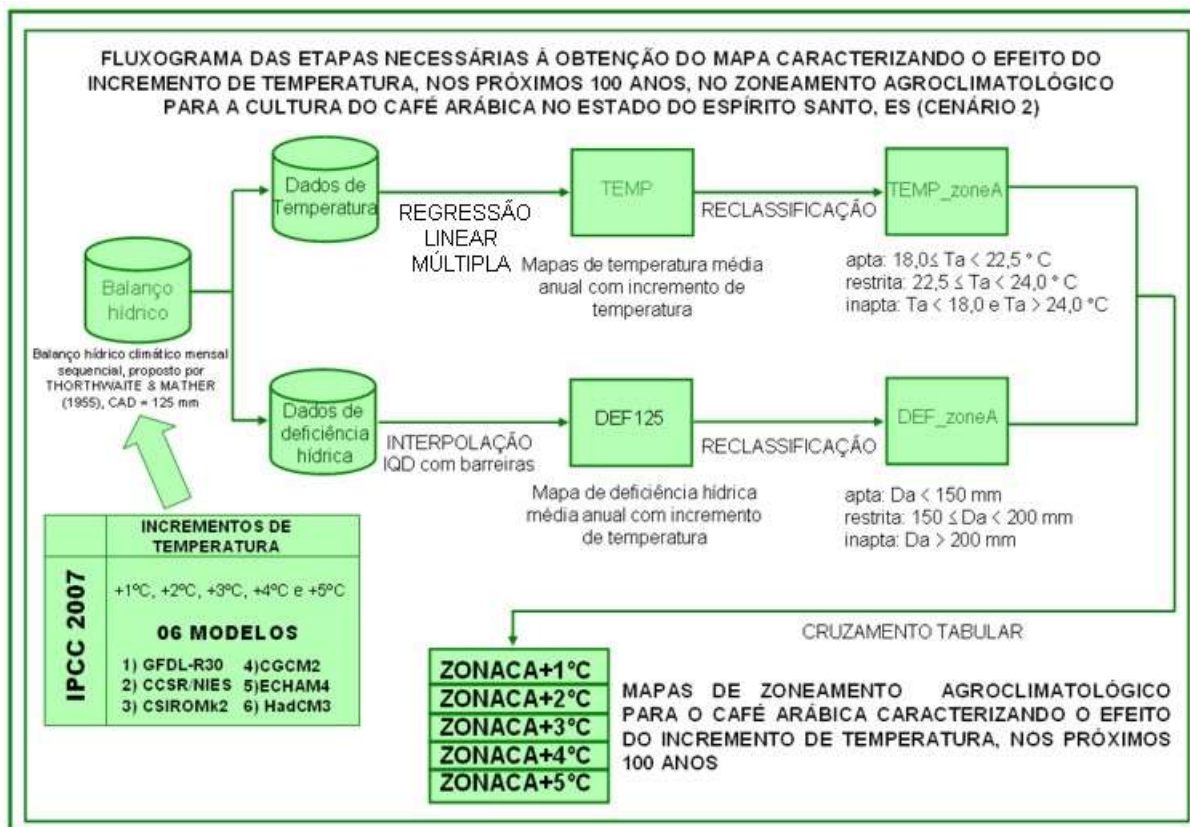


Figura 8 - Etapas necessárias para obtenção do mapa de zoneamento agroclimatológico para a cultura do café Arábica na Microrregião Sudoeste Serrana com incremento de temperatura, nos próximos 100 anos.

5.2.4. Comparação estatística entre os resultados obtidos nos cenários 1 e 2 e com as áreas fotointerpretadas de café.

De posse do zoneamento agroclimatológico atual (cenário 1) e com incremento de temperatura, nos próximos 100 anos (cenário 2) será realizada uma comparação estatística das áreas aptas, restritas e inaptas para o desenvolvimento das culturas do café Conilon e Arábica na Microrregião Sudoeste Serrana, considerando as possíveis Mudanças Climáticas Globais (MCG).

Os 12 zoneamentos agroclimatológicos serão recortados sobre as áreas fotointerpretadas de café na resolução de visualização de 1:2000, para avaliação da aptidão para o cultivo de café nas áreas atuais de lavouras de café e avaliação da aptidão para o cultivo de café nestas áreas nos próximos 100 anos.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1. Zoneamento agroclimatológico para as culturas do Café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário 1)

A equação de regressão linear múltipla onde os coeficientes estatísticos foram calculados através do aplicativo computacional Microsoft Office Excel 2003, de acordo com os dados de latitude, longitude e altitude, está conforme a Equação 3.

$$\text{TEMP} = 19,716 - 0,006 \cdot \text{ALT} - 0,224 \cdot \text{LAT} + 0,176 \cdot \text{LONG} \quad (3)$$

Onde:

TEMP= Temperatura Média Anual;

ALT= Altitude (MDE);

LAT= Latitude;

LONG= Longitude;

Os mapas interpolados das latitudes e longitudes da localização das estações meteorológicas, estão conforme as Figuras 10 e 11 respectivamente, nota-se que a latitude dentro do retângulo envolvente da Microrregião Sudoeste Serrana varia de **X a X**, e que a longitude dentro do retângulo envolvente da Microrregião Sudoeste Serrana varia de **X a X**.

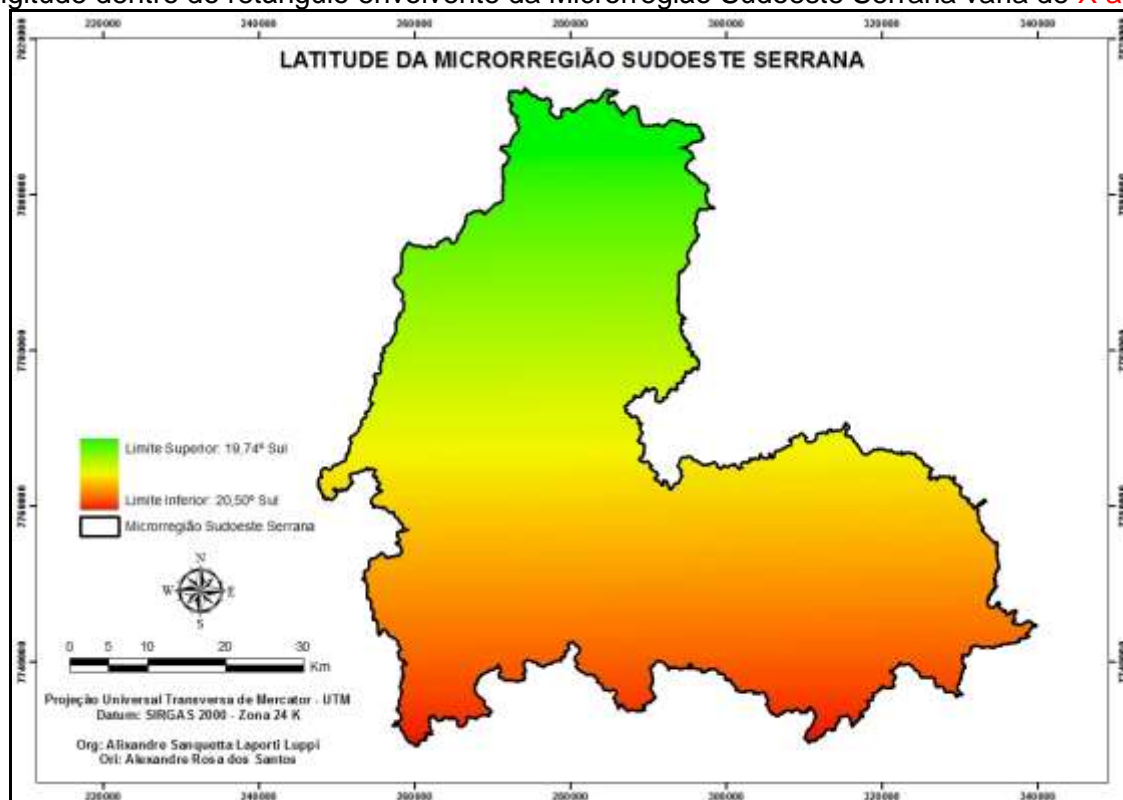


Figura 10 - Latitudes interpoladas da localização das estações meteorológicas na Microrregião Sudoeste Serrana.



Figura 11 - Longitudes interpoladas da localização das estações meteorológicas na Microrregião Sudoeste Serrana.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) que foi resultado de uma imagem de radar SRTM, está conforme a Figura 12, nota-se que a altitude varia de 37 a 1900 m , e que as regiões mais altas encontram-se no centro-sul e oeste da Microrregião Sudoeste Serrana, assim como as regiões mais baixas encontram-se ao norte e leste da Microrregião Sudoeste Serrana.

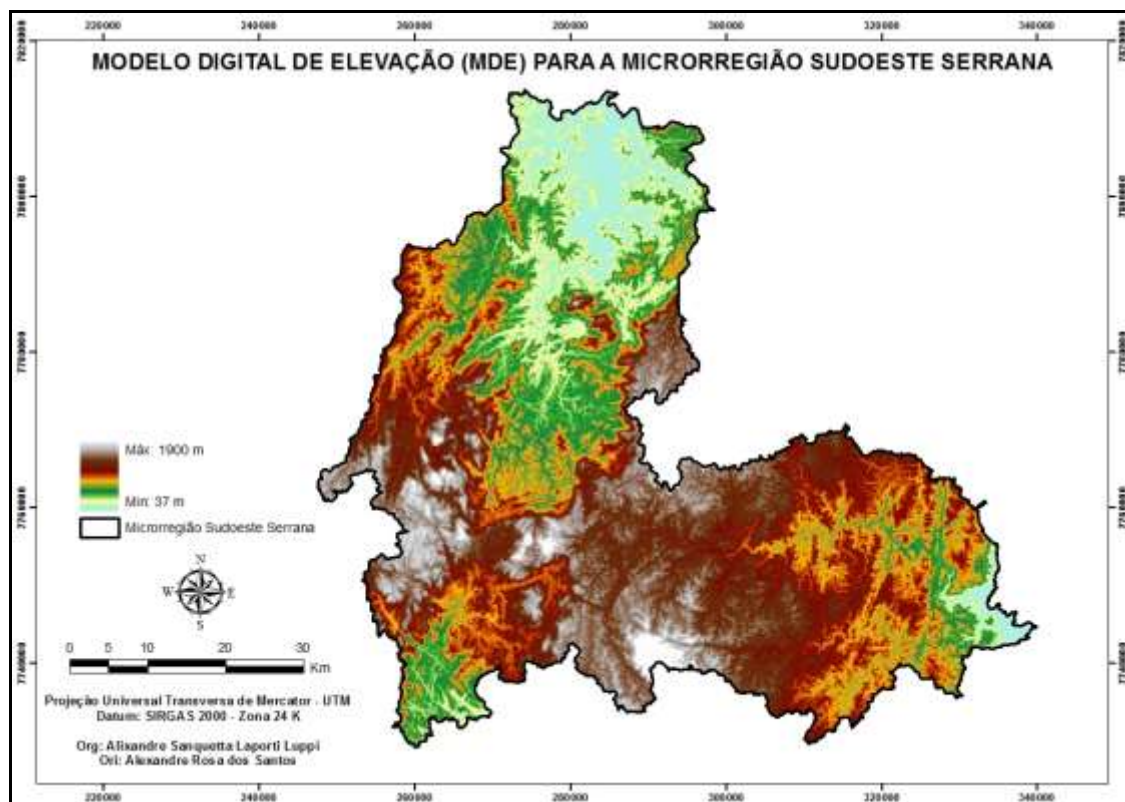


Figura 12 - Modelo Digital de Elevação (MDE) da Microrregião Sudoeste Serrana.

O mapa de temperatura média anual, que foi resultado da inserção dos mapas de Latitude, Longitude e MDE na equação 3, através da ferramenta RASTER CALCULATOR do aplicativo computacional ArcGIS 9.3 segue conforme a Figura 13. As áreas mais quentes encontram-se ao norte e leste, assim como as mais frias encontram-se no centro-sul e oeste da Microrregião Sudoeste Serrana, variando de 12,99 a 24,98°C.

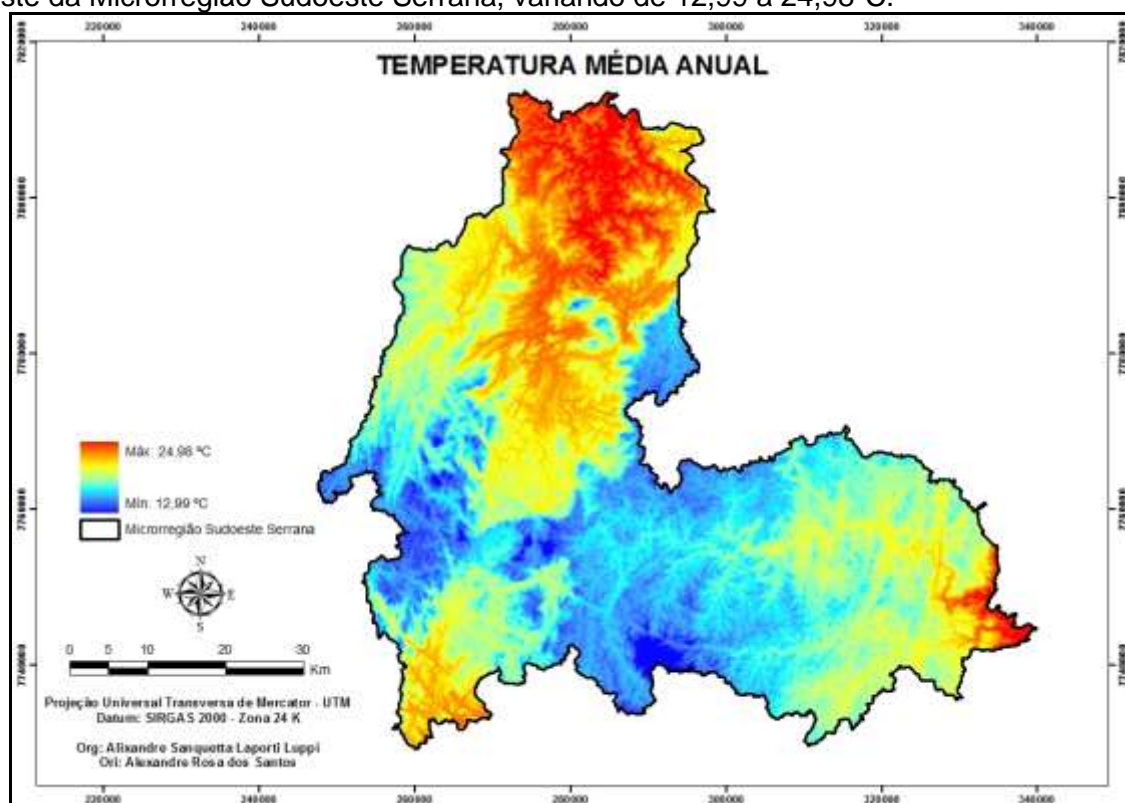


Figura 13 - Temperatura Média Anual da Microrregião Sudoeste Serrana.

Nota-se que as áreas mais frias coincidem com as áreas mais altas e as áreas mais quentes coincidem com as áreas mais baixas, isto devido o peso da altitude na regressão linear múltipla.

O mapa de deficiência hídrica média anual, resultante da interpolação dos dados de deficiência hídrica média anual das estações meteorológicas, segue conforme a Figura 9. As áreas com menor deficiência hídrica encontram-se ao sul, enquanto as áreas com maior deficiência hídrica encontram-se ao norte da Microrregião Sudoeste Serrana, variando de 1,56 a 380,4 mm.

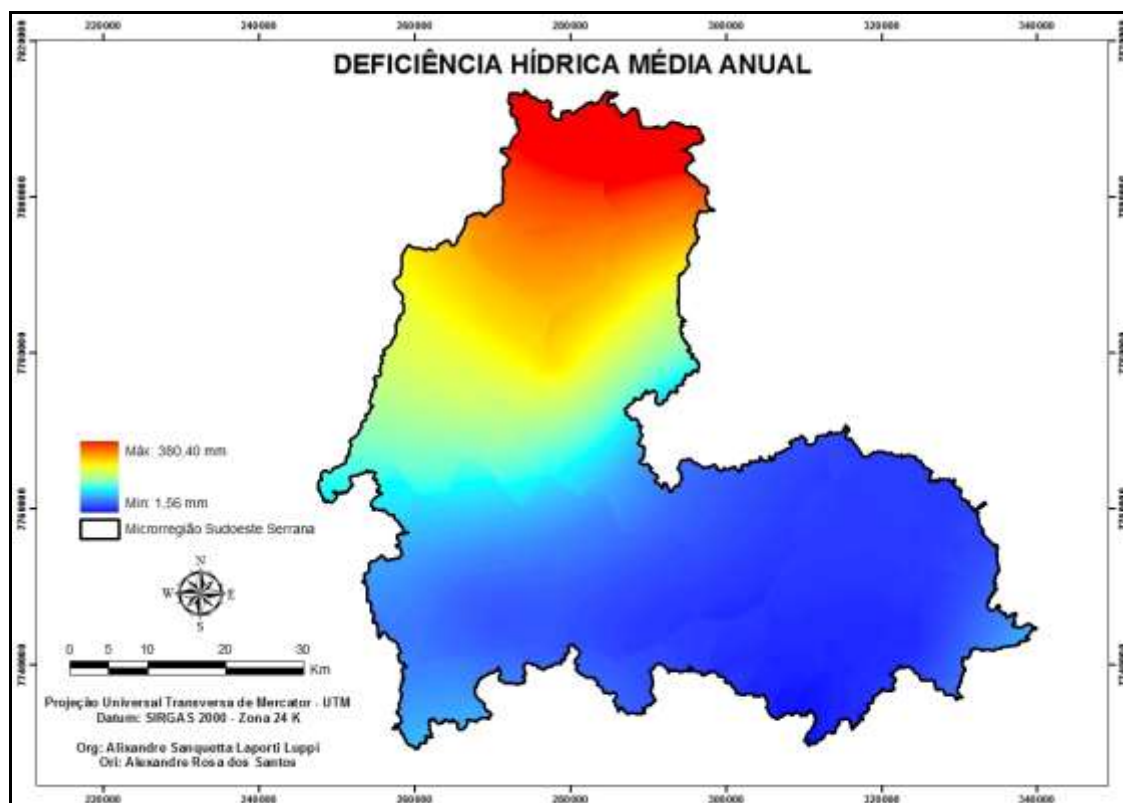


Figura 9 - Deficiência Hídrica Média Anual da Microrregião Sudoeste Serrana.

De posse do mapa de temperatura média anual e deficiência hídrica média anual, estes foram reclassificados conforme as aptidões climáticas de temperatura e deficiência hídrica para as culturas do Café Conilon e Arábica, as Figuras 14 e 15 mostram as aptidões climáticas de temperatura e deficiência hídrica para as culturas do Café Conilon, e as Figuras 16 e 17 mostram as aptidões climáticas de temperatura e deficiência hídrica para o Café Arábica respectivamente.

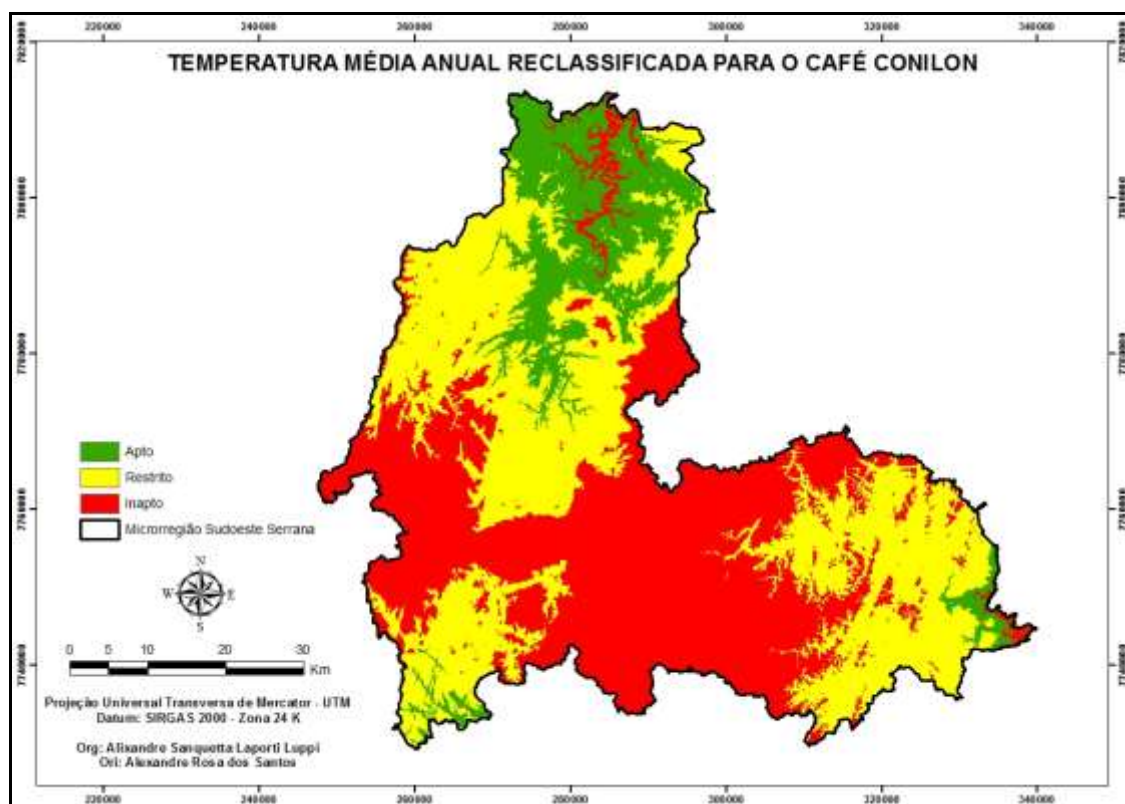


Figura 14 - Aptidão de temperatura para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

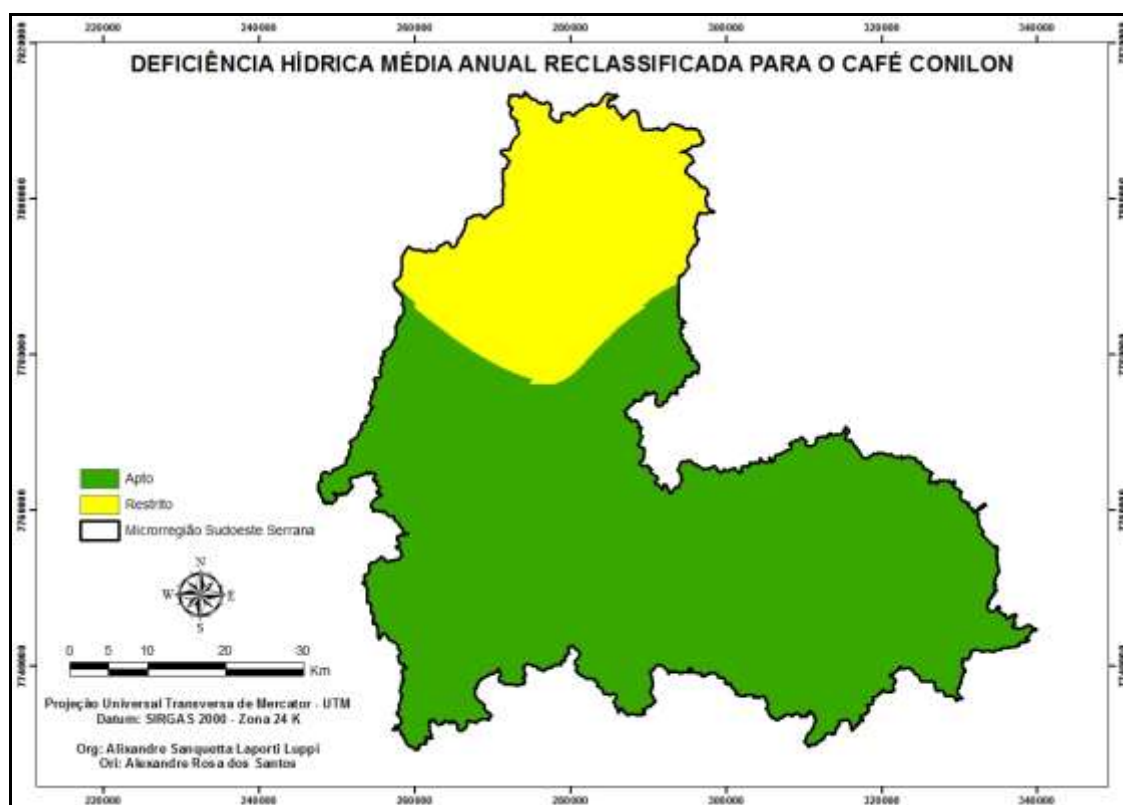


Figura 15 - Aptidão de deficiência hídrica para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

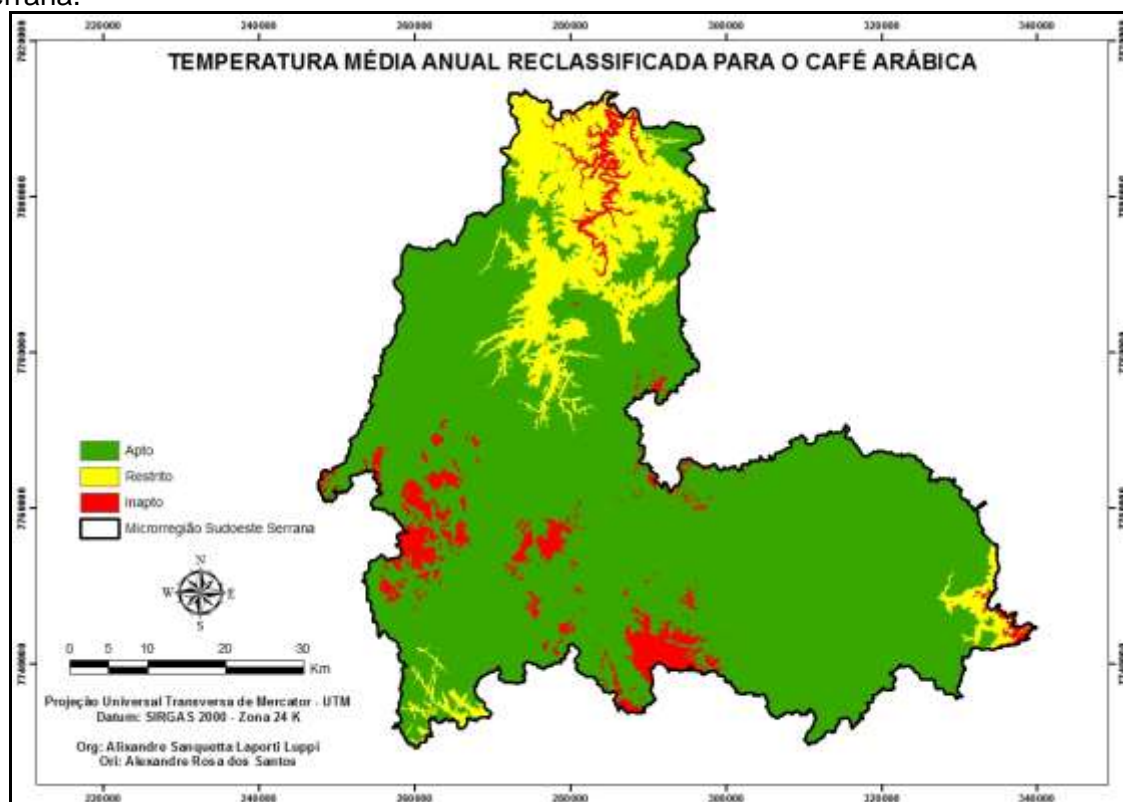


Figura 16 - Aptidão de temperatura para o Café Arábica na Microrregião Sudoeste Serrana.

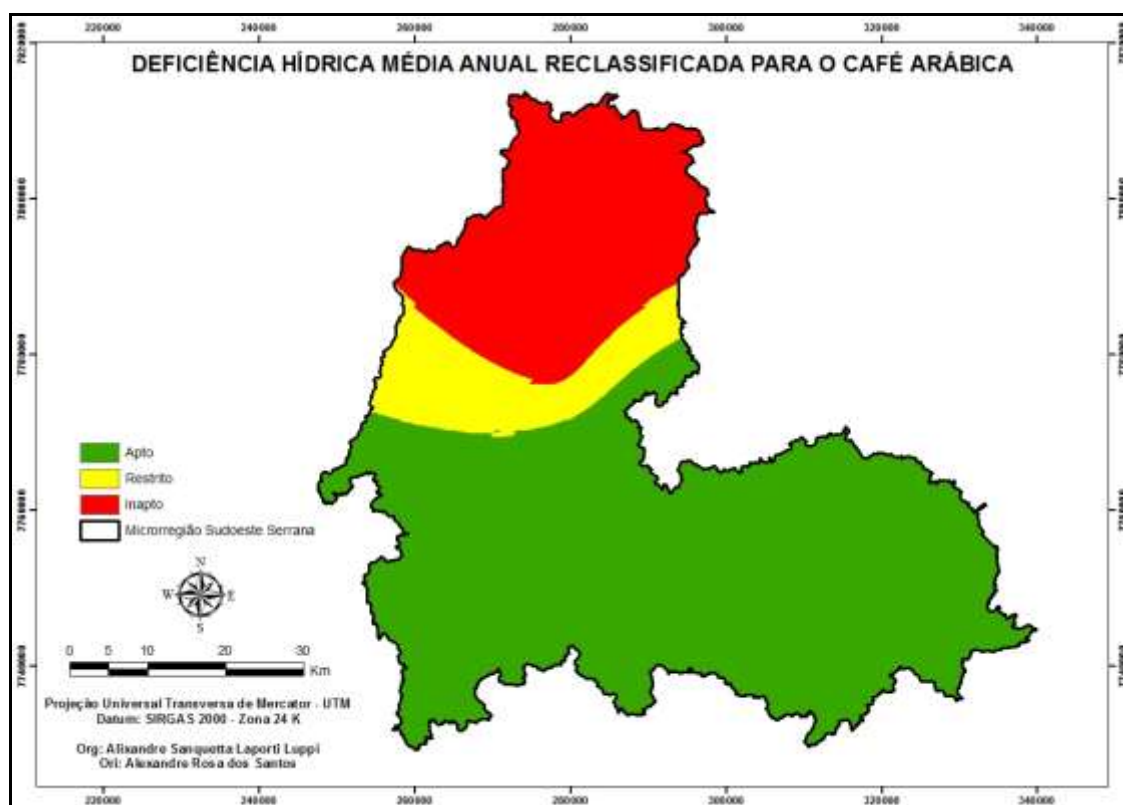


Figura 17 - Aptidão de deficiência hídrica para o Café Arábica na Microrregião Sudoeste Serrana.

De acordo com a aptidão para temperatura foram encontradas as seguintes porcentagens em relação ao Café Conilon e Arábica, conforme as Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Porcentagem das classes de aptidão de temperatura para o Café Conilon e Arábica.

Variedade	Aptidão	Nº de Pixels (Count)	Porcentagem (%)
Café Conilon	Apto	63561	13,49
	Restrito	200342	42,51
	Inapto	207358	44,00
	Total	471261	100,00
Café Arábica	Apto	377681	80,14
	Restrito	63561	13,49
	Inapto	30019	6,37
	Total	471261	100,00

De acordo com a aptidão para deficiência hídrica foram encontrados as seguintes porcentagens em relação ao Café Conilon e Arábica, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Porcentagem das classes de aptidão de deficiência hídrica para o Café Conilon e Arábica.

Variedade	Aptidão	Nº de Pixels	Porcentagem
-----------	---------	--------------	-------------

		(Count)	(%)
Café Conilon	Apto	362122	76,82
	Restrito	109278	23,18
	Inapto	0	0,00
	Total	471400	100,00
Café Arábica	Apto	319876	67,86
	Restrito	42246	8,96
	Inapto	109278	23,18
	Total	471400	100,00

Para melhor interpretação dos dados, estes foram organizados segundo os Gráficos 1 e 2, mostrando que o Café Arábica apresenta mais áreas aptas por temperatura, enquanto o Café Conilon apresenta mais áreas aptas por deficiência hídrica.

Gráfico 1 - Porcentagem das classes de aptidão de temperatura para o Café Conilon e Arábica.

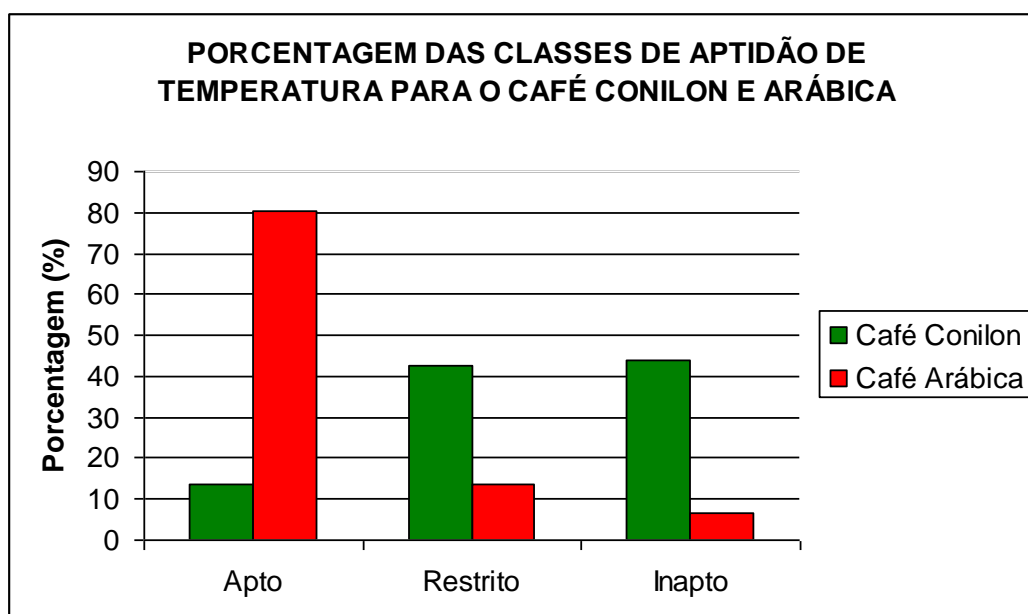
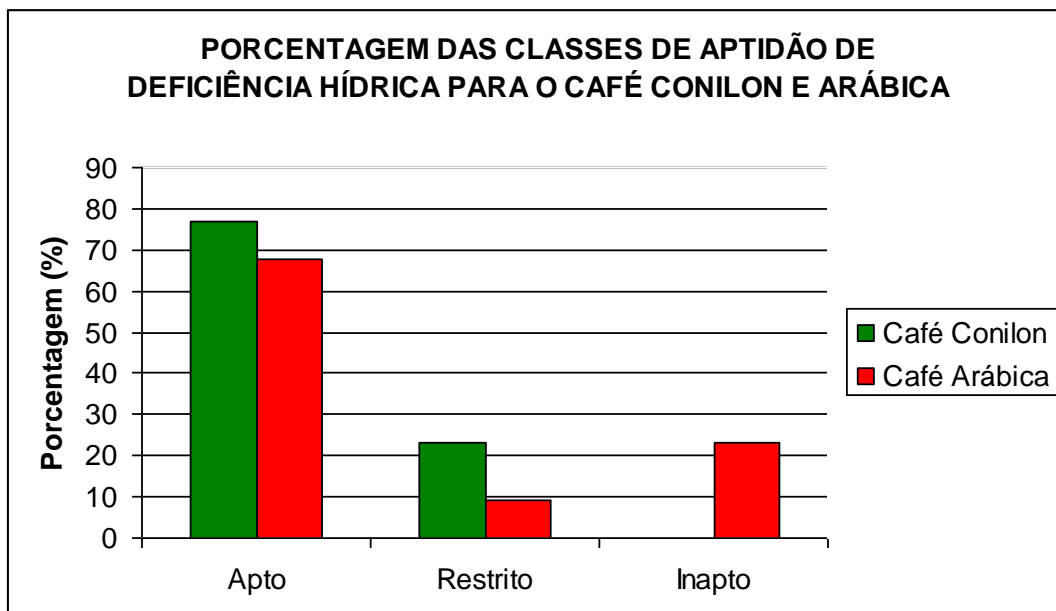


Gráfico 2 - Porcentagem das classes de aptidão de deficiência hídrica para o Café Conilon e Arábica.



A partir da multiplicação dos mapas reclassificados de temperatura e deficiência hídrica através da ferramenta RASTER CALCULATOR do aplicativo computacional ArcGIS 9.3, criou-se assim o Zoneamento agroclimatológico para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário 1), conforme as Figuras 18 e 19 respectivamente.

Figura 18 - Zoneamento agroclimatológico para o Café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

Figura 19 - Zoneamento agroclimatológico para o Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

5.3.2. Efeito do incremento de temperatura, nos próximos 100 anos, no zoneamento agroclimatológico para as culturas do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) e Arábica (*Coffea arabica* L.) na Microrregião Sudoeste Serrana, ES (cenário 2).

As equações de regressão linear múltipla onde os coeficientes estatísticos foram calculados através do aplicativo computacional Microsoft Office Excel 2003, de acordo com os dados de latitude, longitude e altitude, estão conforme as Equações 4, 5, 6, 7 e 8, onde apresentam adição na temperatura média anual de 1^o a 5^oC respectivamente.

$$\text{TEMP}_1 = 20,716 - 0,006.\text{ALT} - 0,224.\text{LAT} + 0,176.\text{LONG} \quad (4)$$

$$\text{TEMP}_2 = 21,716 - 0,006.\text{ALT} - 0,224.\text{LAT} + 0,176.\text{LONG} \quad (5)$$

$$\text{TEMP}_3 = 22,687 - 0,006.\text{ALT} - 0,224.\text{LAT} + 0,176.\text{LONG} \quad (6)$$

$$\text{TEMP}_4 = 23,687 - 0,006.\text{ALT} - 0,225.\text{LAT} + 0,176.\text{LONG} \quad (7)$$

$$\text{TEMP}_5 = 24,687 - 0,006.\text{ALT} - 0,225.\text{LAT} + 0,176.\text{LONG} \quad (8)$$

Onde:

TEMP_1 = Temperatura Média Anual, com adição de 1°C nos dados de temperatura média anual;

TEMP_2 = Temperatura Média Anual, com adição de 2°C nos dados de temperatura média anual;

TEMP_3 = Temperatura Média Anual, com adição de 3°C nos dados de temperatura média anual;

TEMP_4 = Temperatura Média Anual, com adição de 4°C nos dados de temperatura média anual;

TEMP_5 = Temperatura Média Anual, com adição de 5°C nos dados de temperatura média anual;

ALT= Altitude (MDE);

LAT= Latitude;

LONG= Longitude;

As equações acima apresentam coeficientes estatísticos muito semelhantes, porém diferenciam-se a partir da quinta casa decimal após a vírgula, porém nota-se a diferença do primeiro coeficiente referente à temperatura.

Os mapas de temperatura média anual com adição de 1°C a 5°C nos dados de temperatura média anual, que foram resultado da inserção dos mapas de Latitude, Longitude e MDE nas equações 4, 5, 6, 7 e 8, através da ferramenta RASTER CALCULATOR do aplicativo computacional ArcGIS 9.3 seguem conforme as Figuras 20, 21, 22, 23 e 24. Observa-se que os valores mínimos de temperatura variam de 13,99 a 17,99°C assim como os máximos variam de 25,98 a 29,98°C, observa-se que houve um aumento de justamente 5°C dos valores mínimos e dos máximos, ou seja cada mapa apresenta 1°C de adição do valor de temperatura, em relação ao próximo.

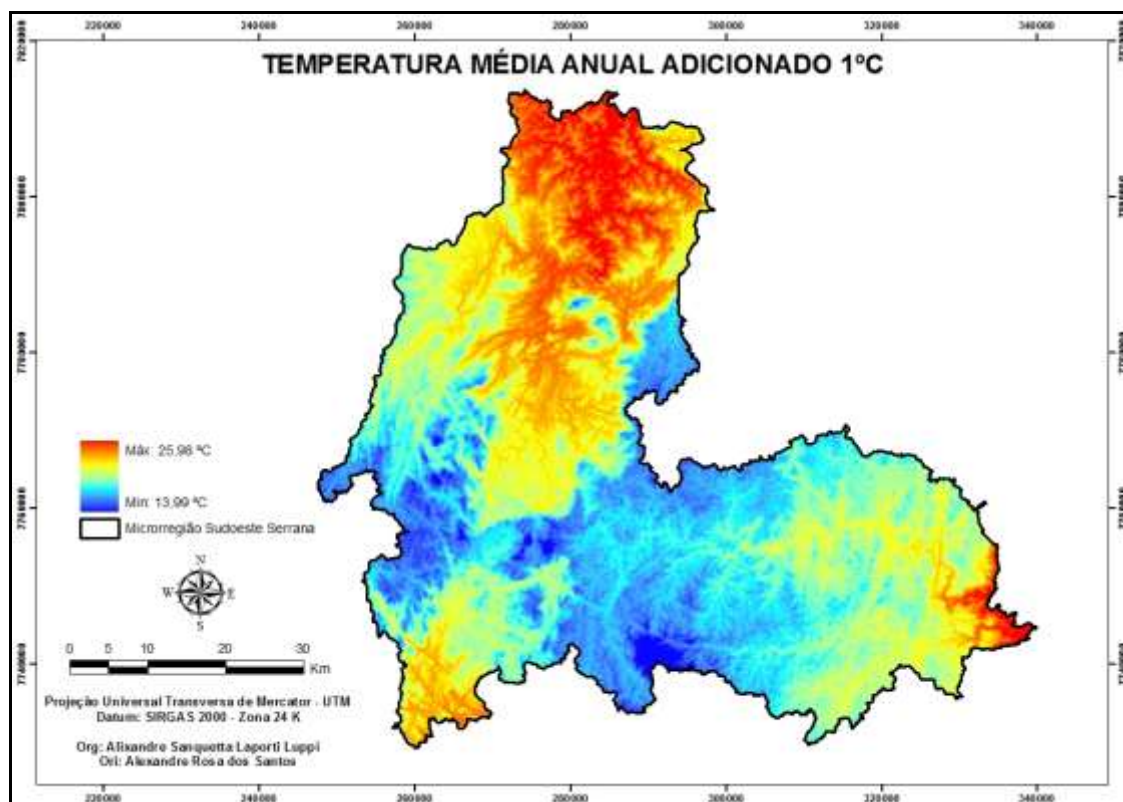


Figura 20 – Temperatura Média Anual com adição de 1°C na temperatura média anual, na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

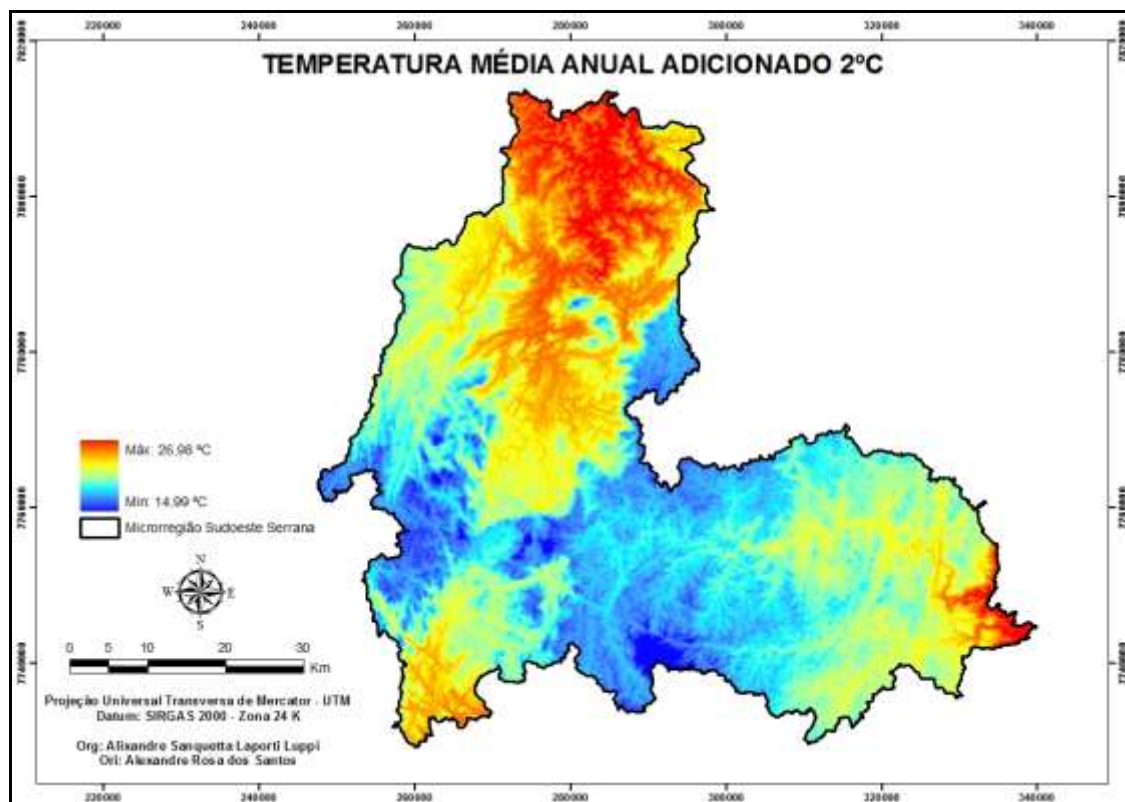


Figura 21 – Temperatura Média Anual com adição de 2°C na temperatura média anual, na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

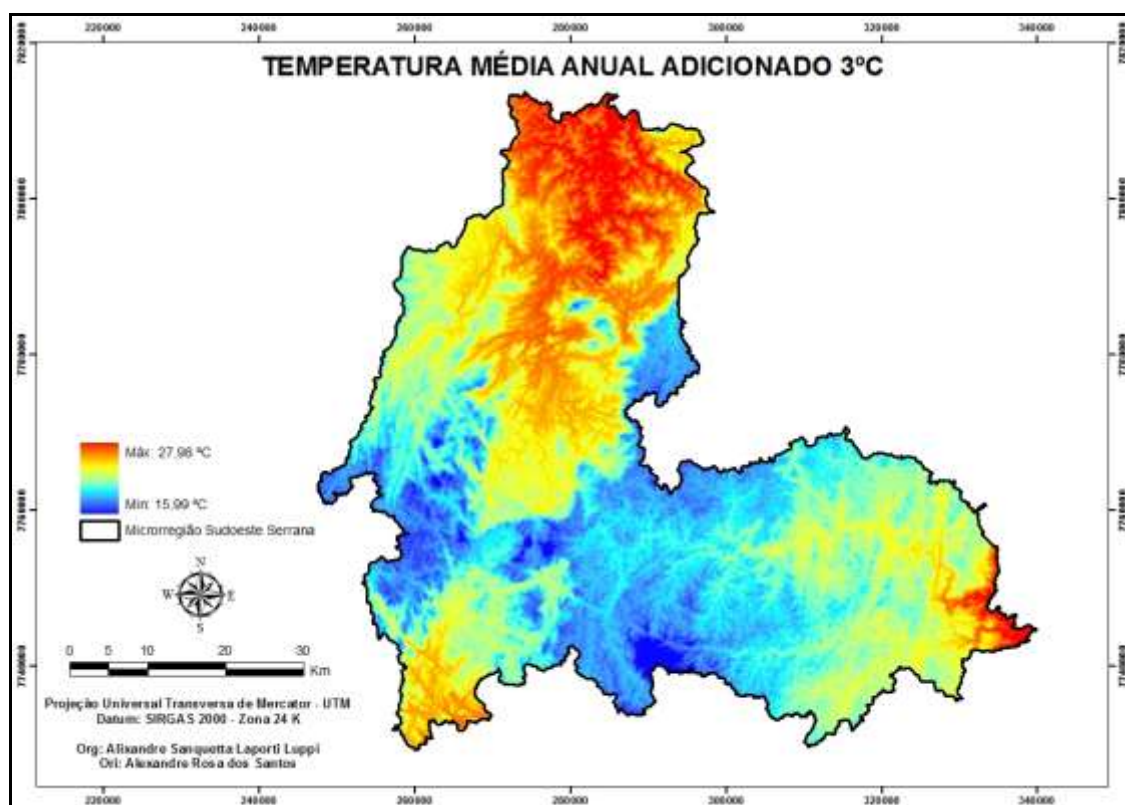


Figura 22 – Temperatura Média Anual com adição de 3°C na temperatura média anual, na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

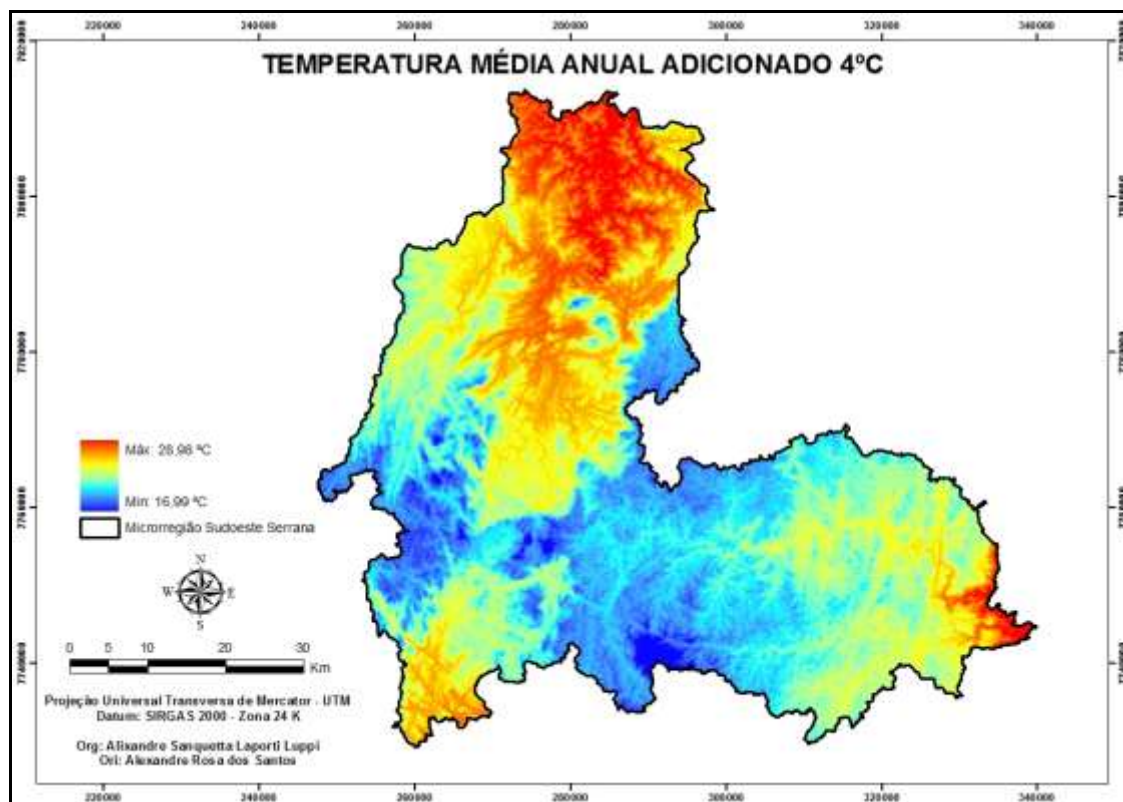


Figura 23 – Temperatura Média Anual com adição de 4°C na temperatura média anual, na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

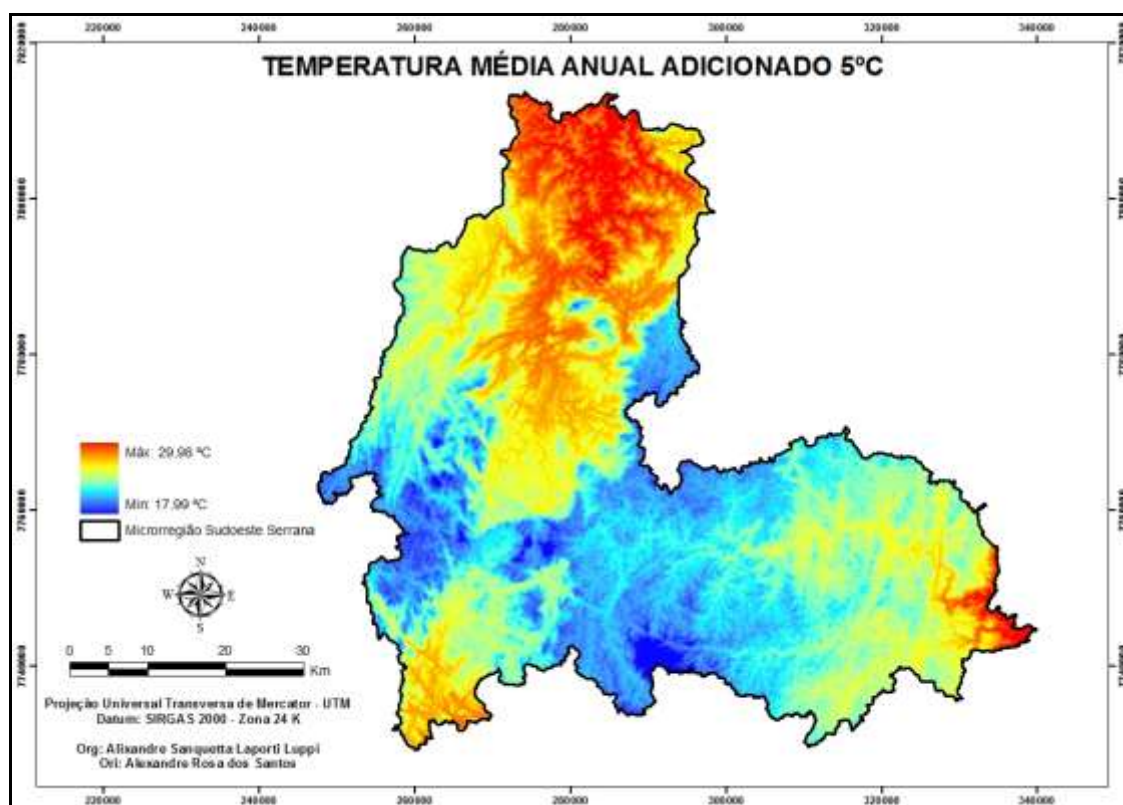


Figura 24 – Temperatura Média Anual com adição de 5°C na temperatura média anual, na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

Não é possível notar a diferença visual entre os mapas, devido o intervalo de temperatura manter-se constante de 11,99°C, modificando somente os valores máximos e mínimos de temperatura.

A partir da adição de 1°C a 5°C, nos valores de temperatura média anual, dos dados de temperatura média do ar das estações meteorológicas, os valores dos dados de deficiência hídrica foram modificados conforme a Equação 2, isto ocorre automaticamente devido a fórmula estar inserida na célula da planilha do aplicativo computacional Microsoft Office Excel 2003, deste modo para os dados de temperatura com adição de 1°C, obteve-se a deficiência hídrica com adição nos dados de temperatura de 1°C, e assim por diante até a temperatura com adição nos dados de 5°C, obtendo-se os dados de deficiência hídrica com adição na temperatura de 5°C.

A interpolação dos dados de deficiência hídrica, com adição de 1°C a 5°C na temperatura resultou em 5 mapas de deficiência hídrica, conforme as Figuras 25, 26, 27, 28 e 29. Observa-se que os valores mínimos de deficiência hídrica variam de 13,6 a 93,17 mm assim como os máximos variam de 511,03 a 1271,43 mm.

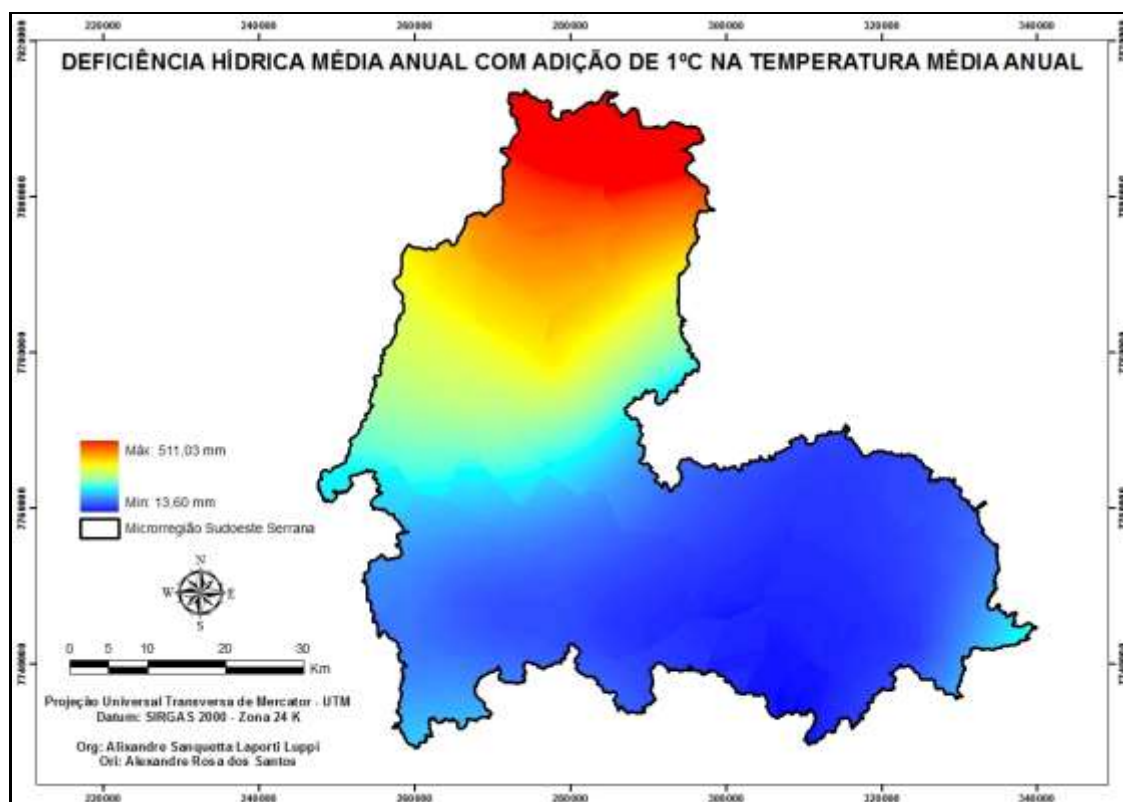


Figura 25 – Deficiência Hídrica Anual com adição de 1°C na temperatura média anual, na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

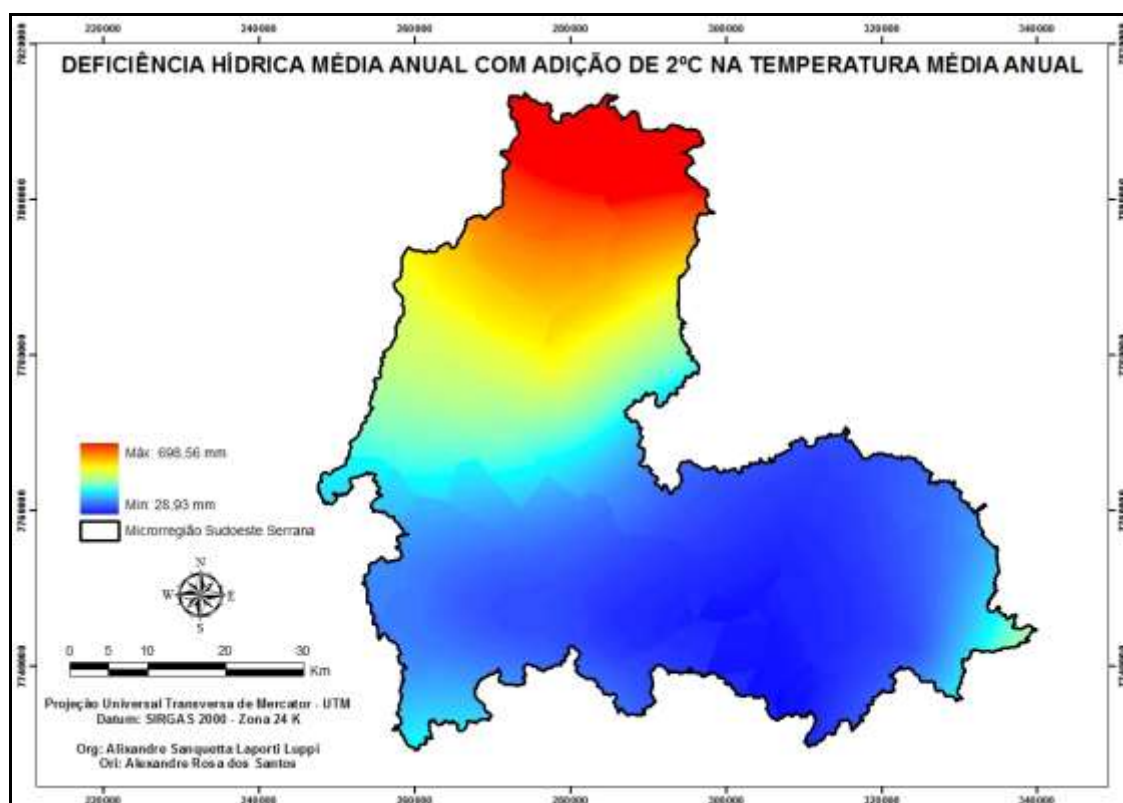


Figura 26 – Deficiência Hídrica Anual com adição de 2°C na temperatura média anual, na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

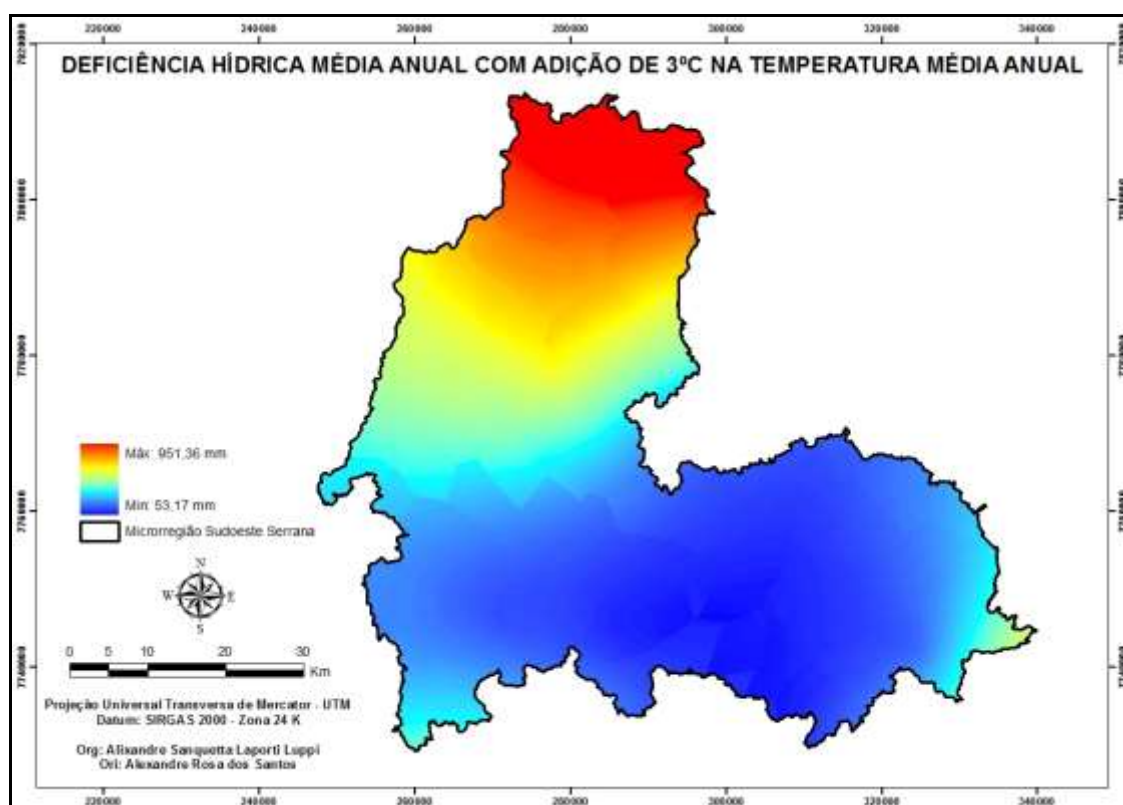


Figura 27 – Deficiência Hídrica Anual com adição de 3°C na temperatura média anual, na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

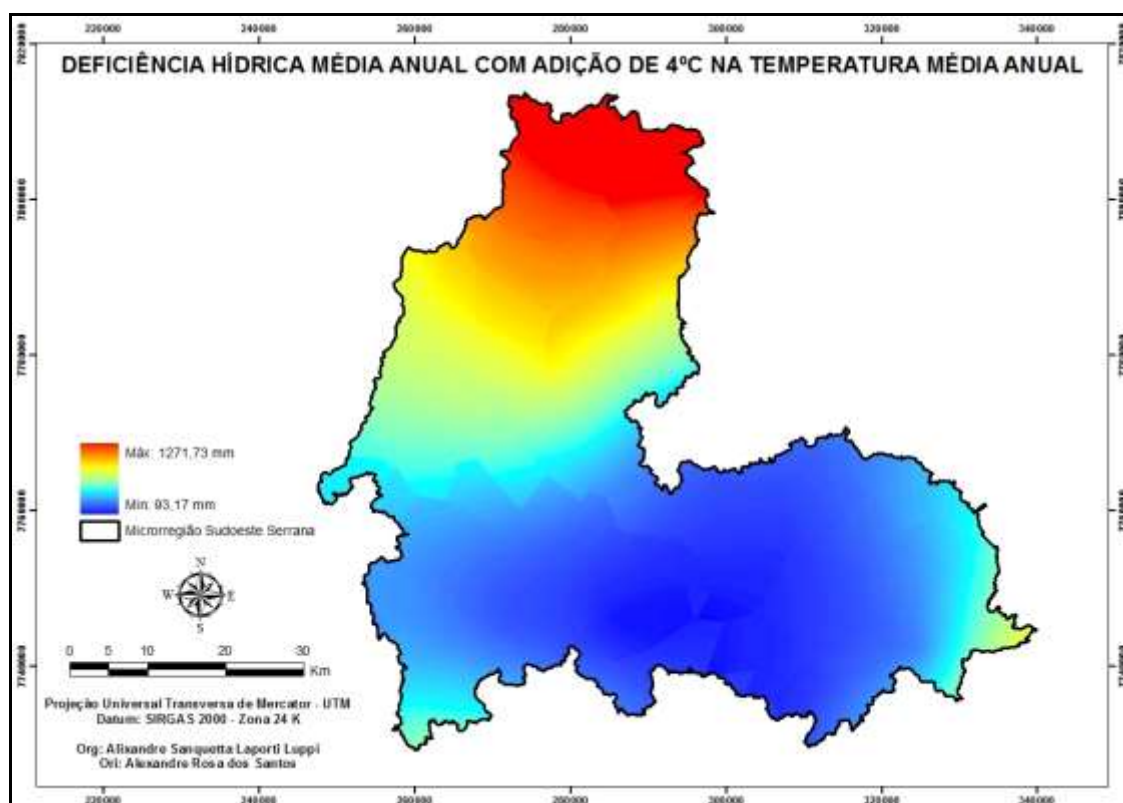


Figura 28 – Deficiência Hídrica Anual com adição de 4°C na temperatura média anual, na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

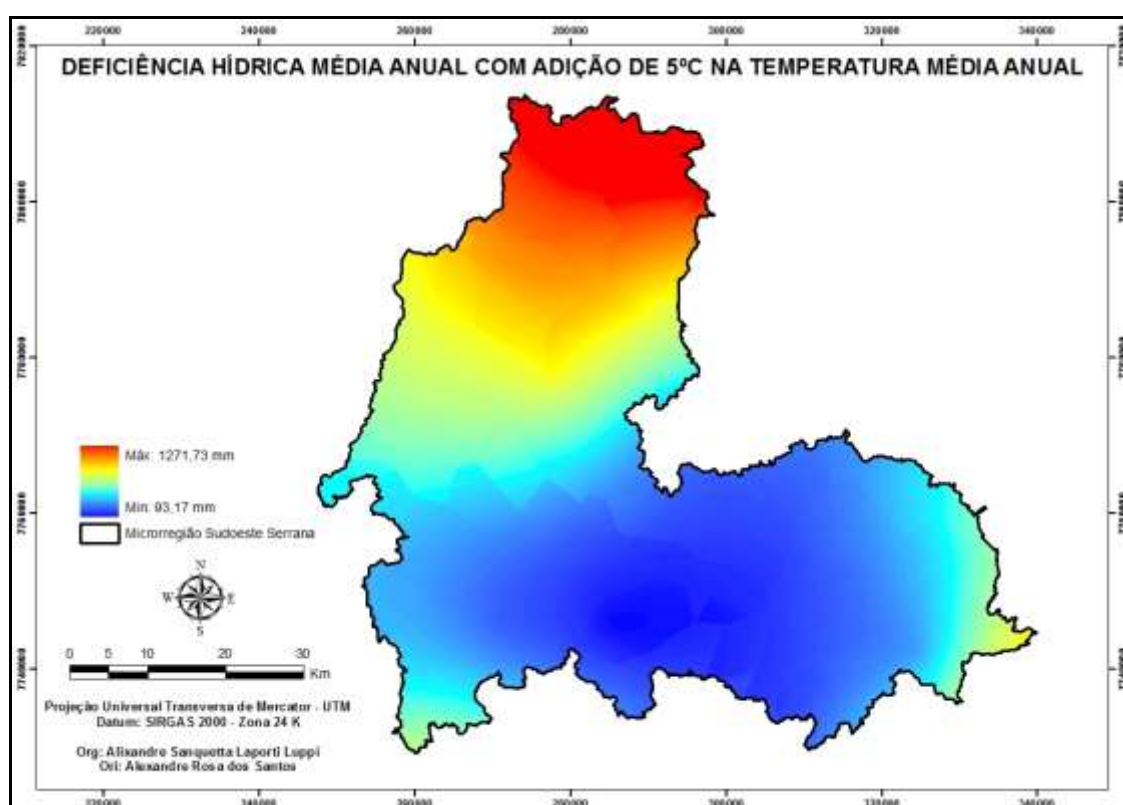


Figura 29 – Deficiência Hídrica Anual com adição de 5°C na temperatura média anual, na Microrregião Sudoeste Serrana, ES.

De posse dos 5 mapas de temperatura média anual e 5 mapas de deficiência hídrica média anual, estes foram reclassificados conforme as aptidões climáticas de temperatura e deficiência hídrica para as culturas do Café Conilon e Arábica, as Figuras 30, 31, 32, 33 e 34 mostram as aptidões climáticas de temperatura e as Figuras 35, 36, 37, 38 e 39 mostram as aptidões climáticas de deficiência hídrica para a cultura do Café Conilon. As Figuras 40, 41, 42, 43 e 44 mostram as aptidões climáticas de temperatura e as Figuras 45, 46, 47, 48 e 49 mostram as aptidões climáticas de deficiência hídrica para a cultura do Café Arábica.

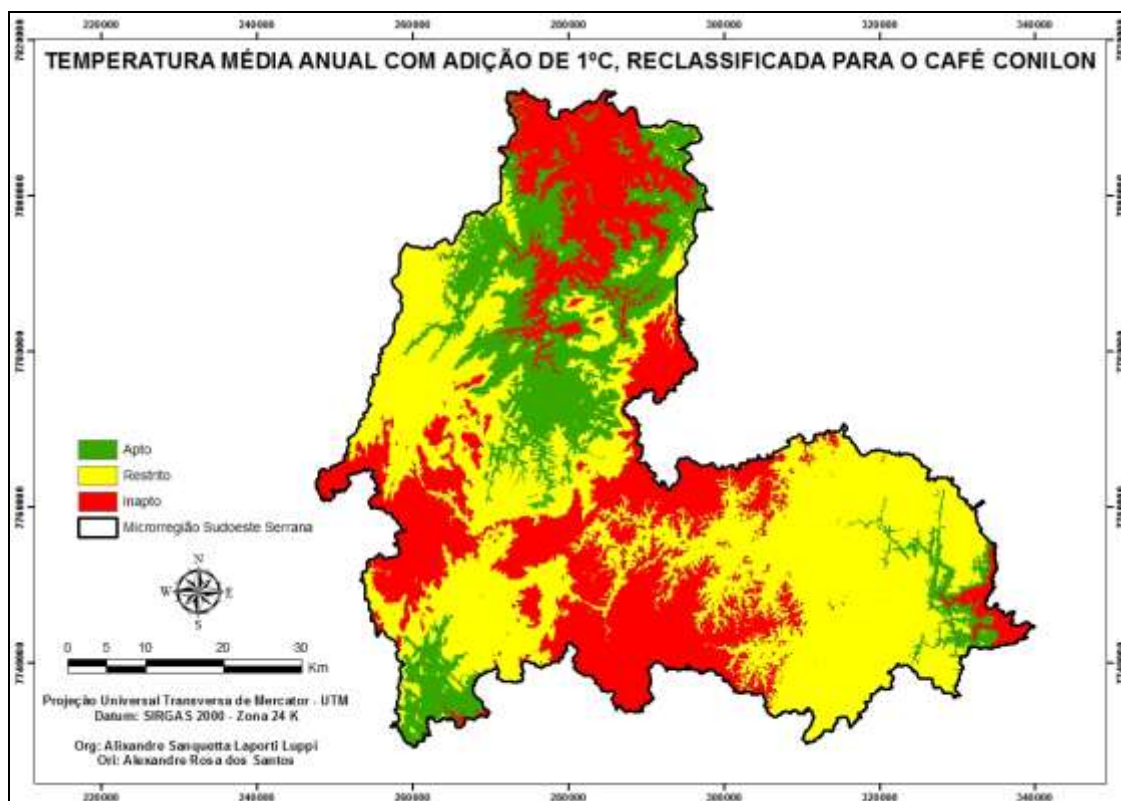


Figura 30 - Aptidão de temperatura com adição de 1°C, para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

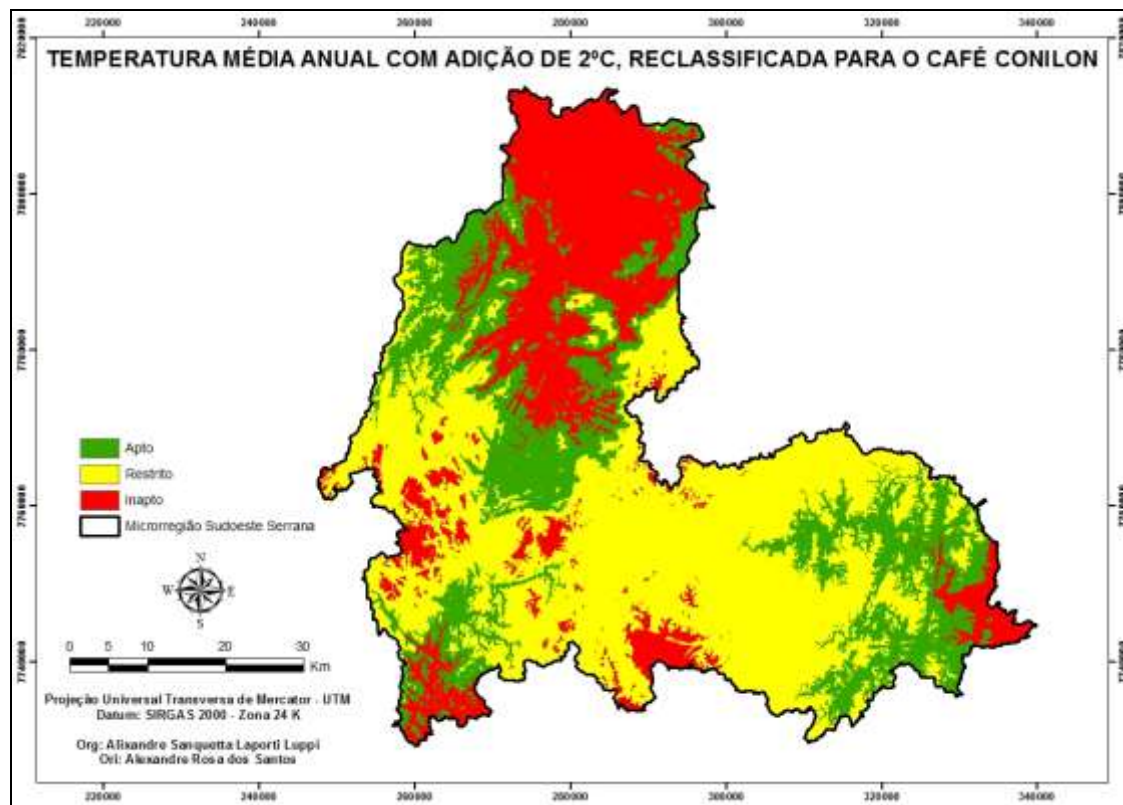


Figura 31 - Aptidão de temperatura com adição de 2°C, para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

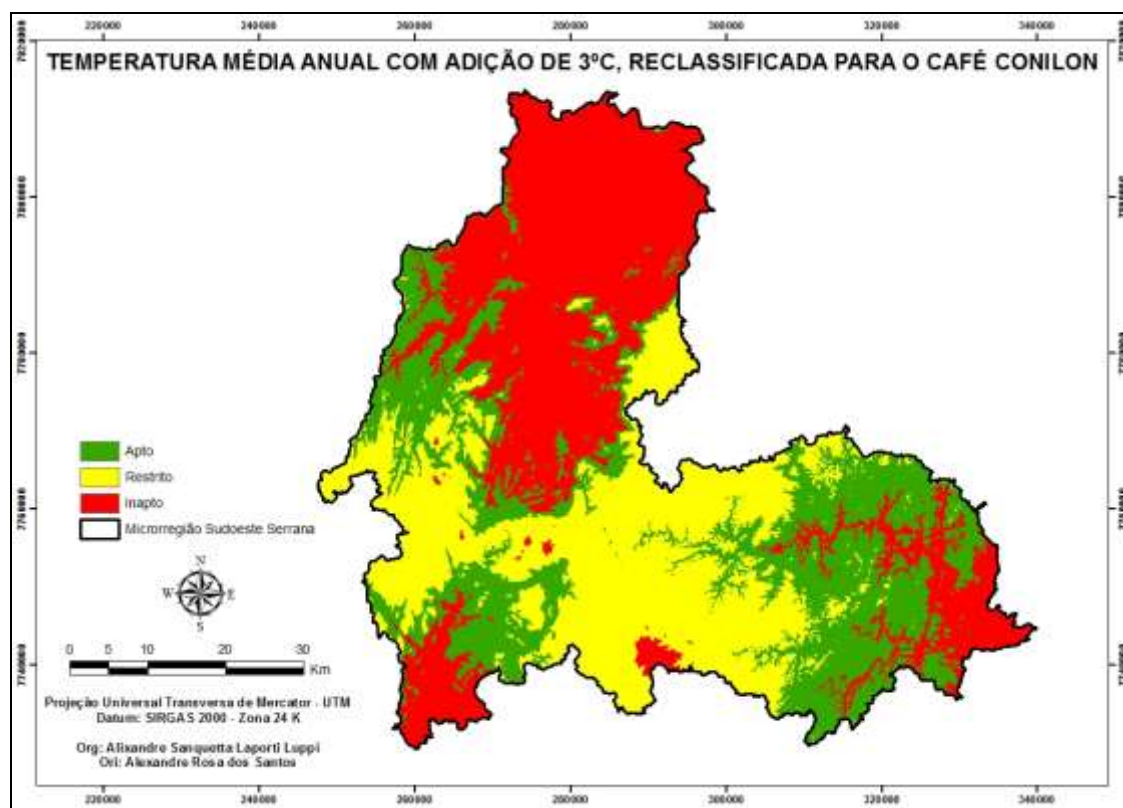


Figura 32 - Aptidão de temperatura com adição de 3°C, para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

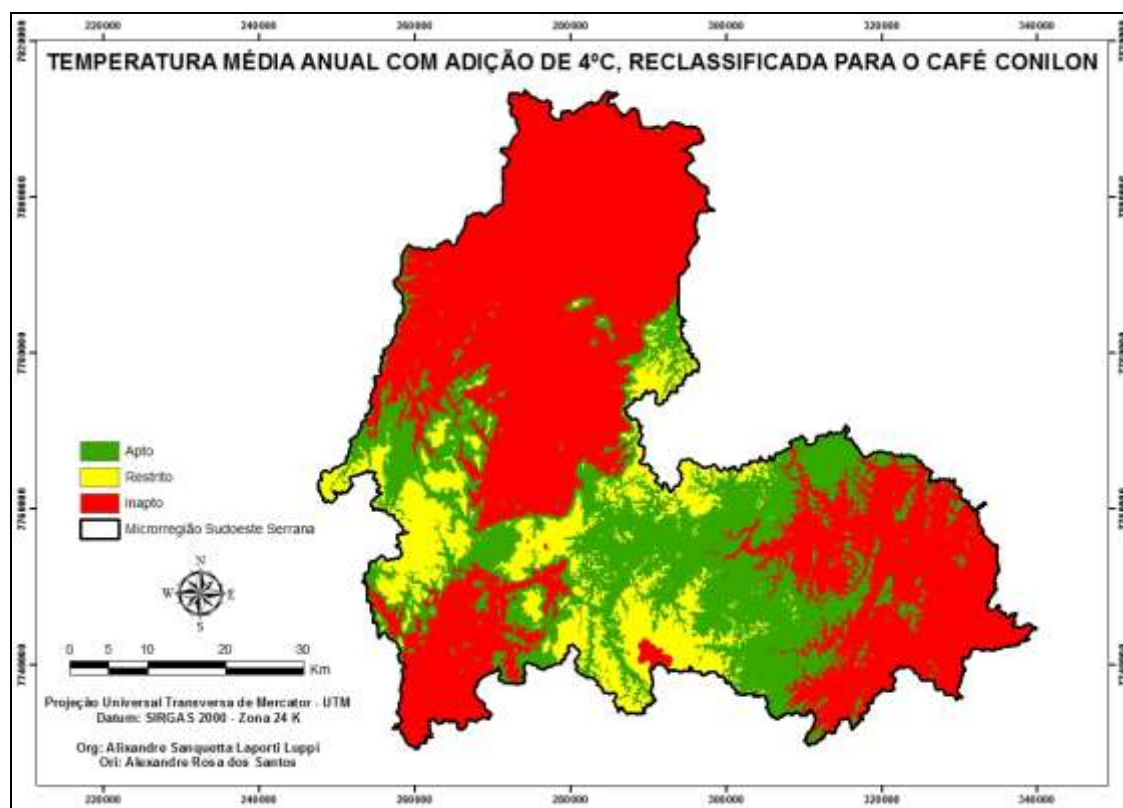
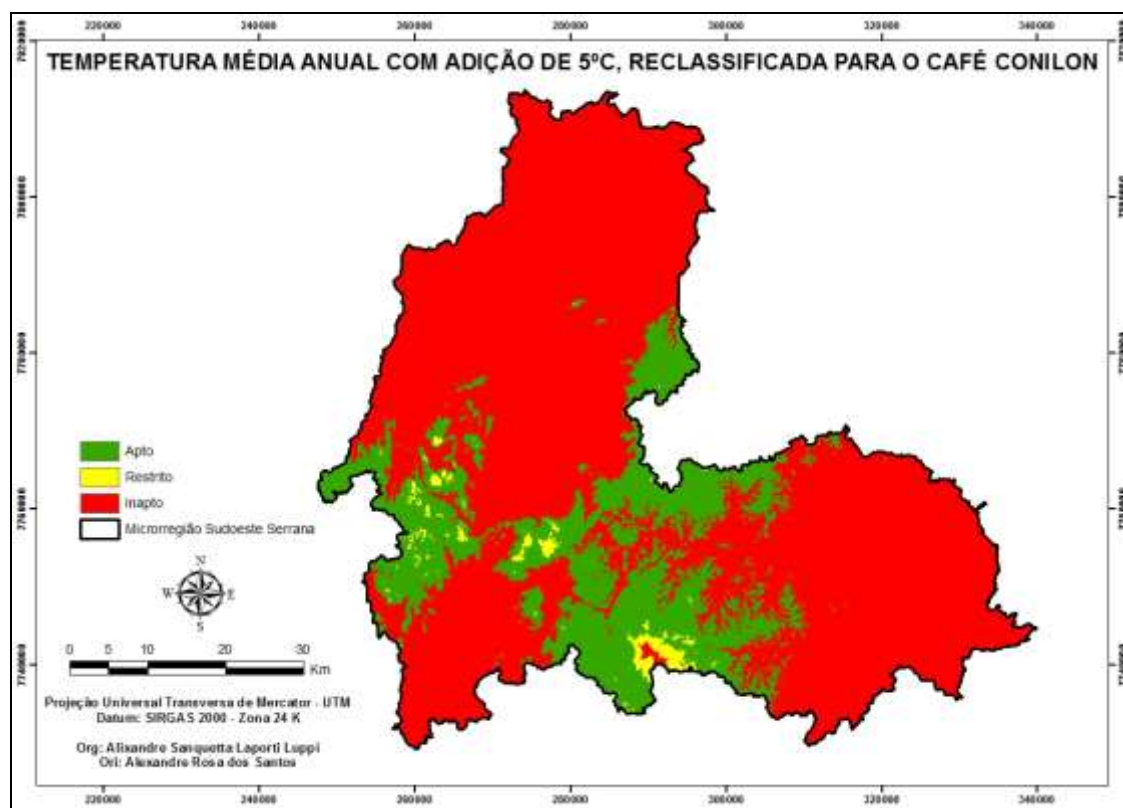


Figura 33 - Aptidão de temperatura com adição de 4°C, para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.



Conforme a Tabela 5 é possível analisar as porcentagens das áreas de aptidão por temperatura para o Café Conilon.

Mapa	Aptidão	Nº de Pixels (Count)	Porcentagem (%)
Temperatura Média	Apto	63561	13,49
	Restrito	200342	42,51
	Inapto	207358	44,00
	Total	471261	100,00
Temperatura Média + 1°C	Apto	87591	18,59
	Restrito	225808	47,92
	Inapto	157862	33,50
	Total	471261	100,00
Temperatura Média + 2°C	Apto	120931	25,66
	Restrito	227339	48,24
	Inapto	122991	26,10
	Total	471261	100,00
Temperatura Média + 3°C	Apto	142571	30,25
	Restrito	153790	32,63
	Inapto	174900	37,11
	Total	471261	100,00
Temperatura	Apto	137108	29,09

Média + 4°C	Restrito	61773	13,11
	Inapto	272380	57,80
	Total	471261	100,00
Temperatura Média + 5°C	Apto	105204	22,32
	Restrito	5962	1,27
	Total	471261	100,00

Os dados da Tabela 5 foram organizados conforme o Gráfico 3.

As áreas inaptas decrescem de 44 para 26,1 %, a medida que as áreas aptas crescem de 13,49 para 25,66 %, até o aumento de 2°C na temperatura, a partir deste ponto ocorre o inverso, onde ocorre um aumento das áreas inaptas de 26,10 para 76,41 %, enquanto as áreas aptas caem de 25,66 para 13,11 %

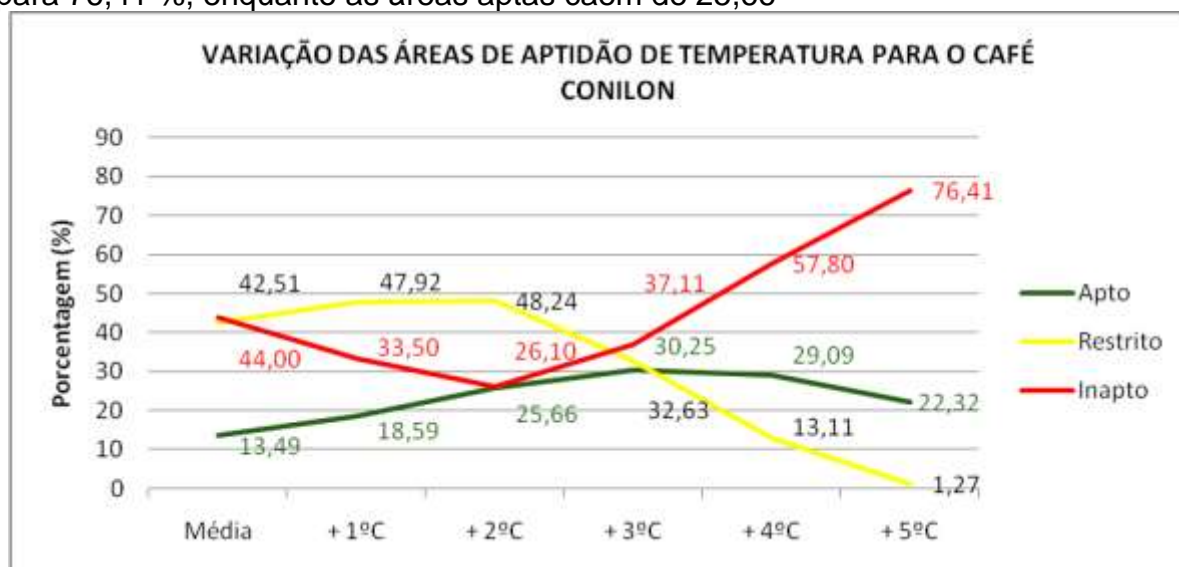


Figura 34 - Aptidão de temperatura com adição de 5°C, para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

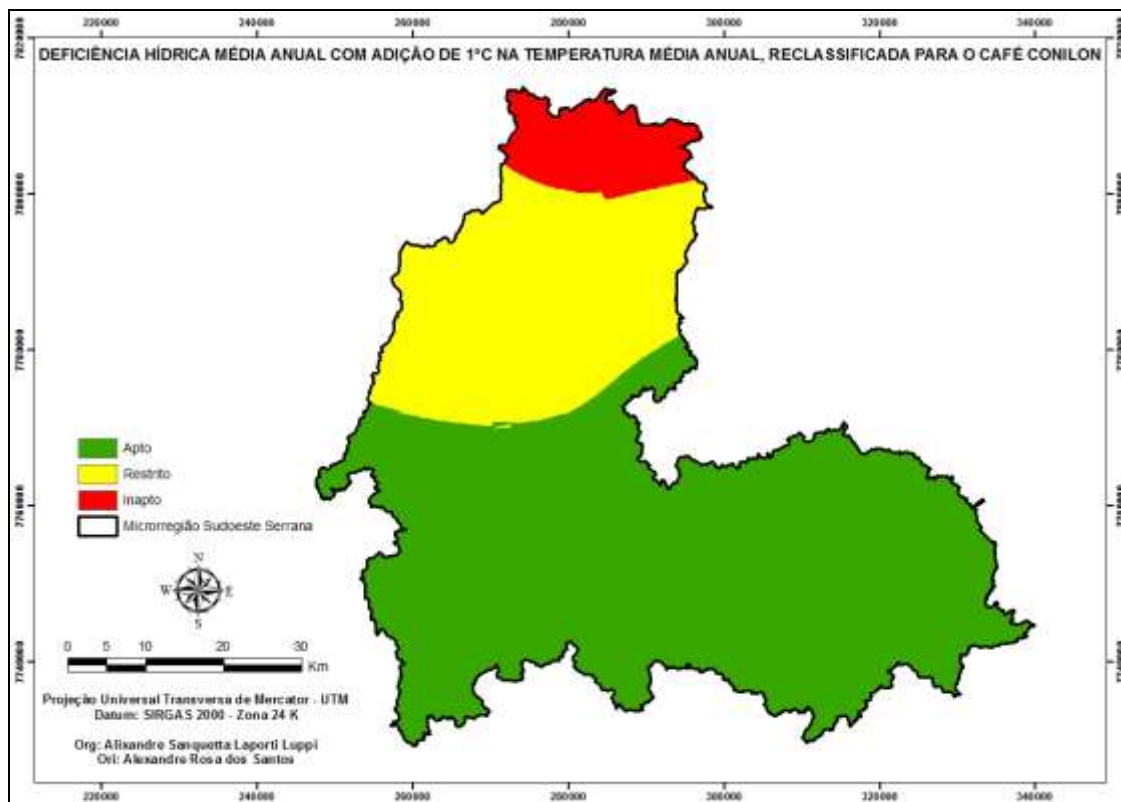


Figura 35 - Aptidão de deficiência hídrica com adição de 1°C nos dados de temperatura para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

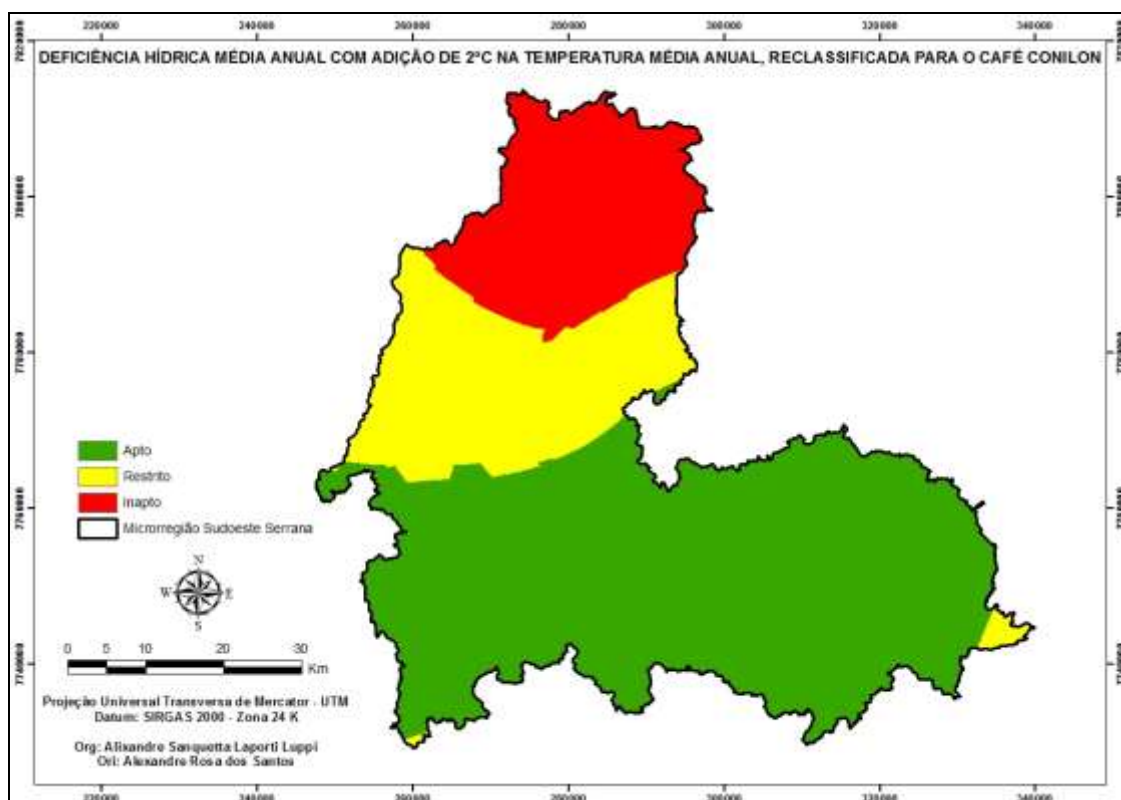


Figura 36 - Aptidão de deficiência hídrica com adição de 2°C nos dados de temperatura para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.



Figura 37 - Aptidão de deficiência hídrica com adição de 3°C nos dados de temperatura para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

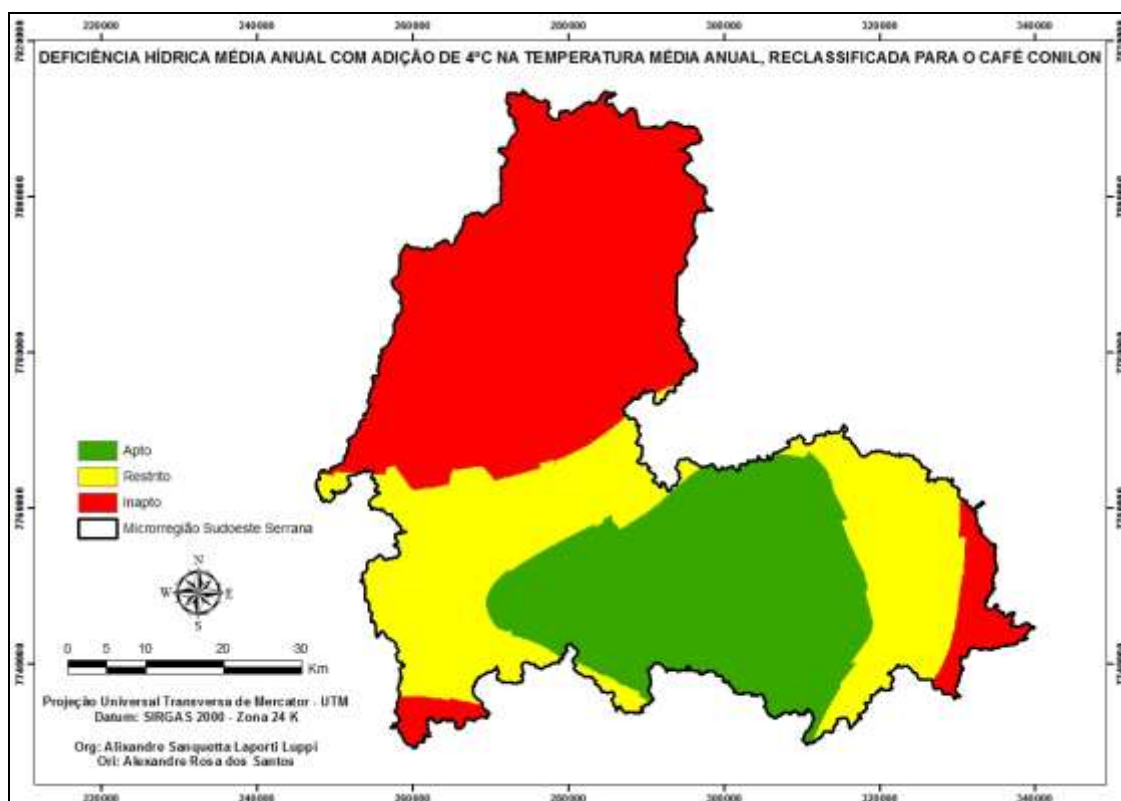


Figura 38 - Aptidão de deficiência hídrica com adição de 4°C nos dados de temperatura para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

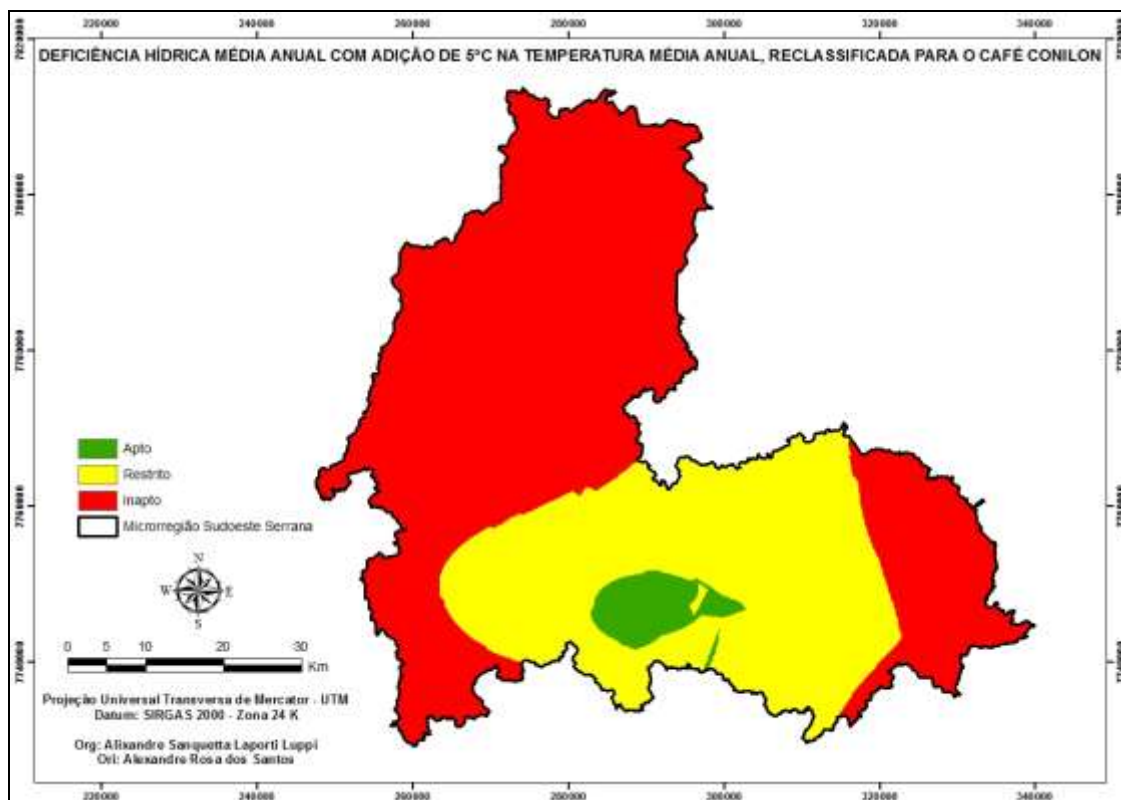
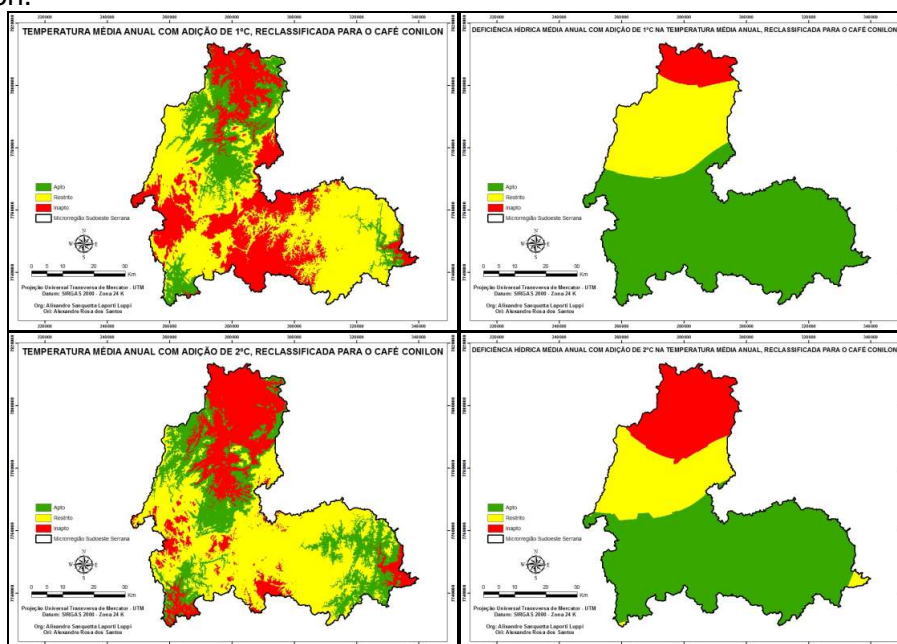
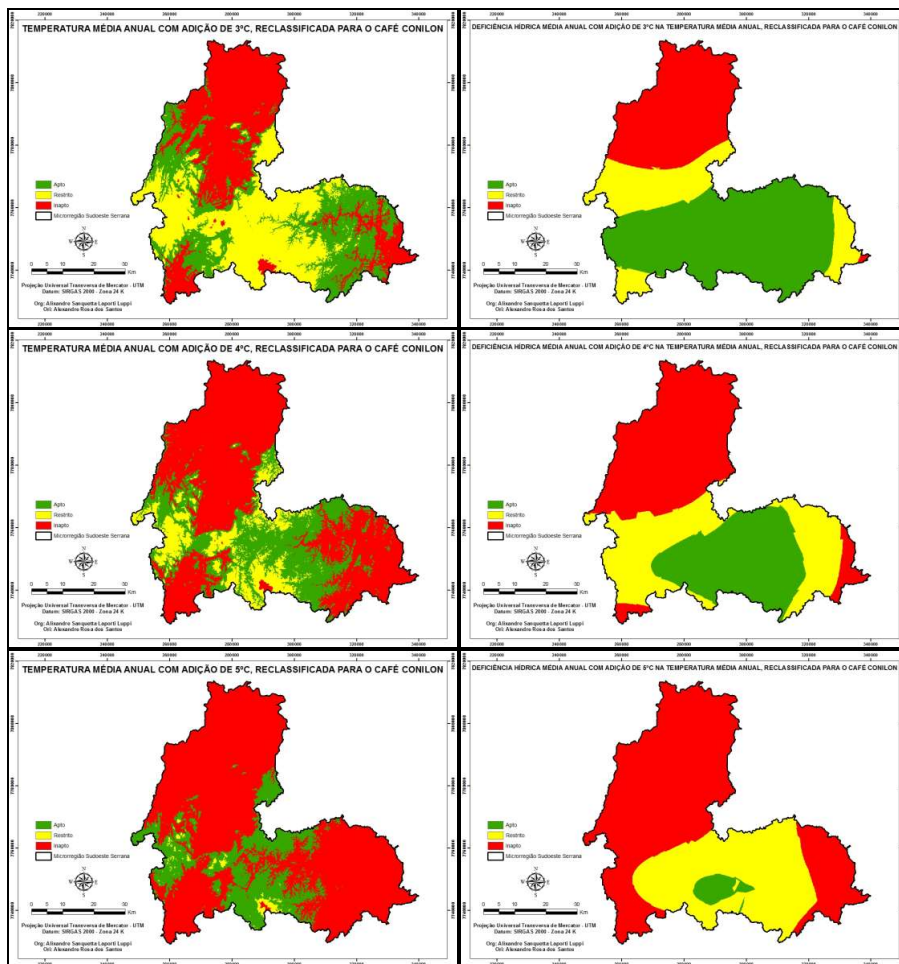


Figura 39 - Aptidão de deficiência hídrica com adição de 5°C nos dados de temperatura para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

A Figura 40 apresenta a comparação dos mapas de temperatura (Esquerda) e deficiência hídrica (Direita) com adição de 1°C a 5°C. Ocorre um aumento das áreas inaptas e uma redução das áreas aptas, tanto para a temperatura, quanto para a deficiência hídrica para o Café Conilon.





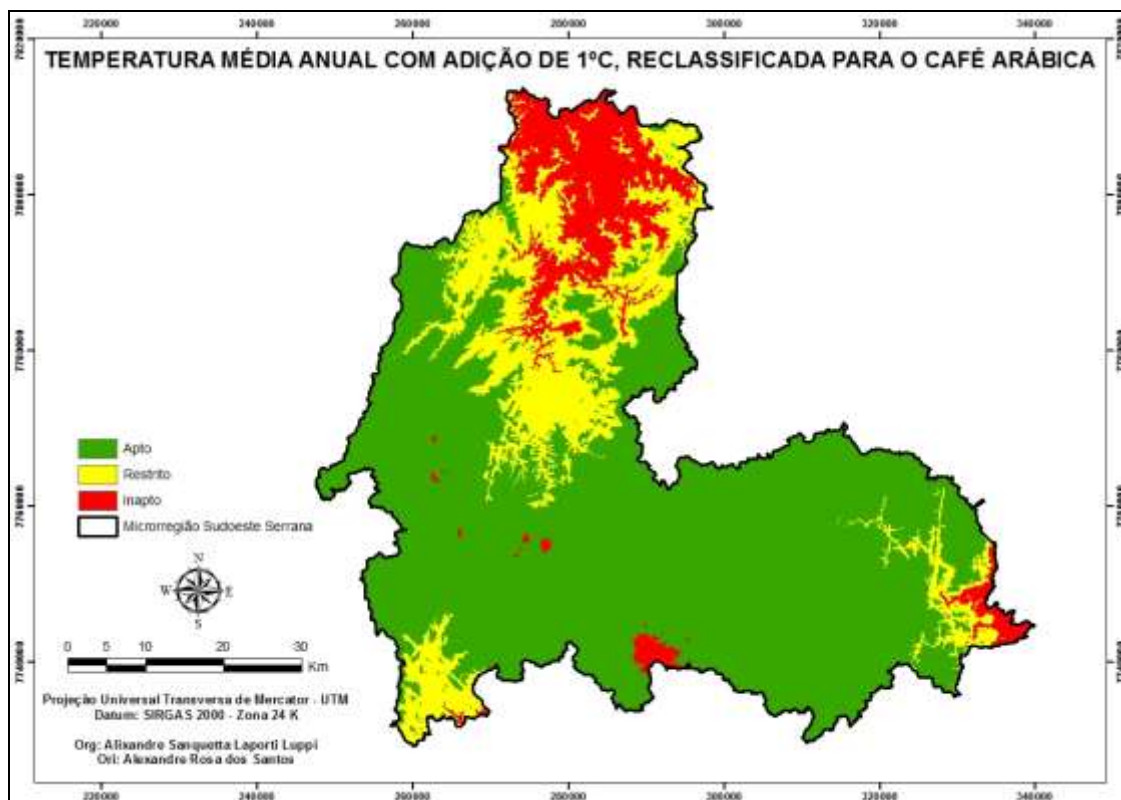


Figura 40 - Aptidão de temperatura com adição de 1°C, para o Café Arábica na Microrregião Sudoeste Serrana.

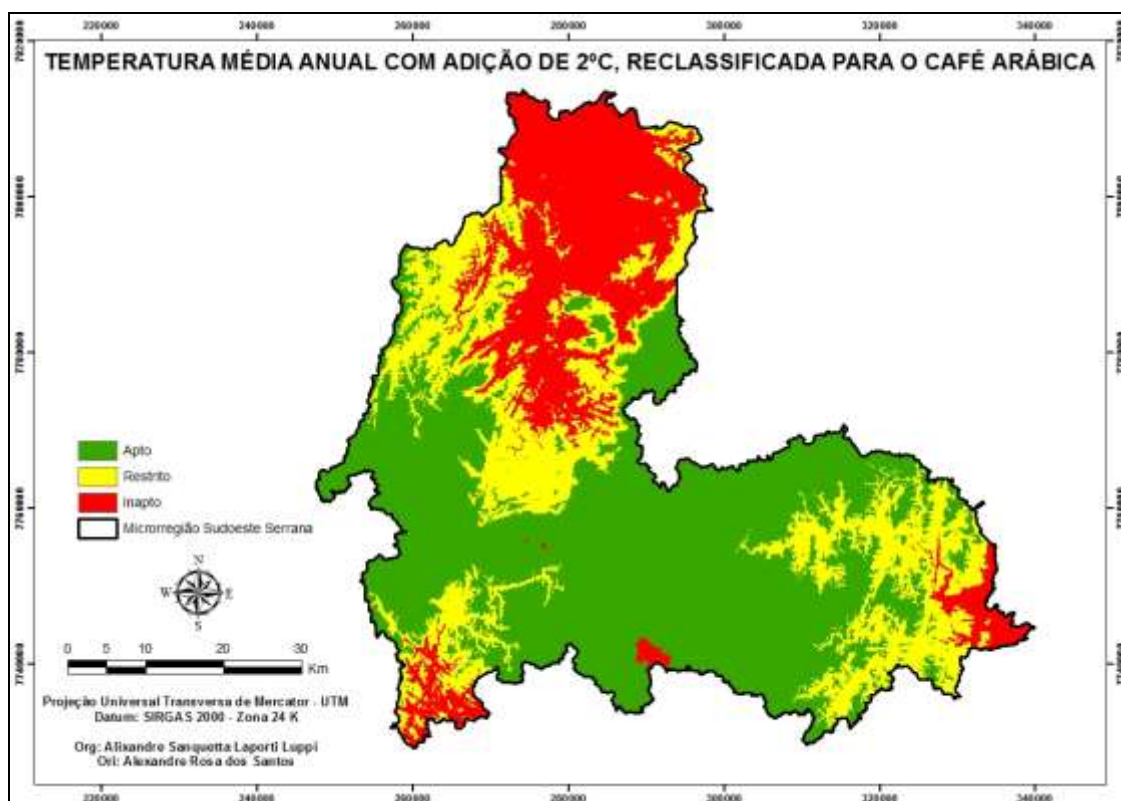


Figura 41 - Aptidão de temperatura com adição de 2°C, para o Café Arábica na Microrregião Sudoeste Serrana.

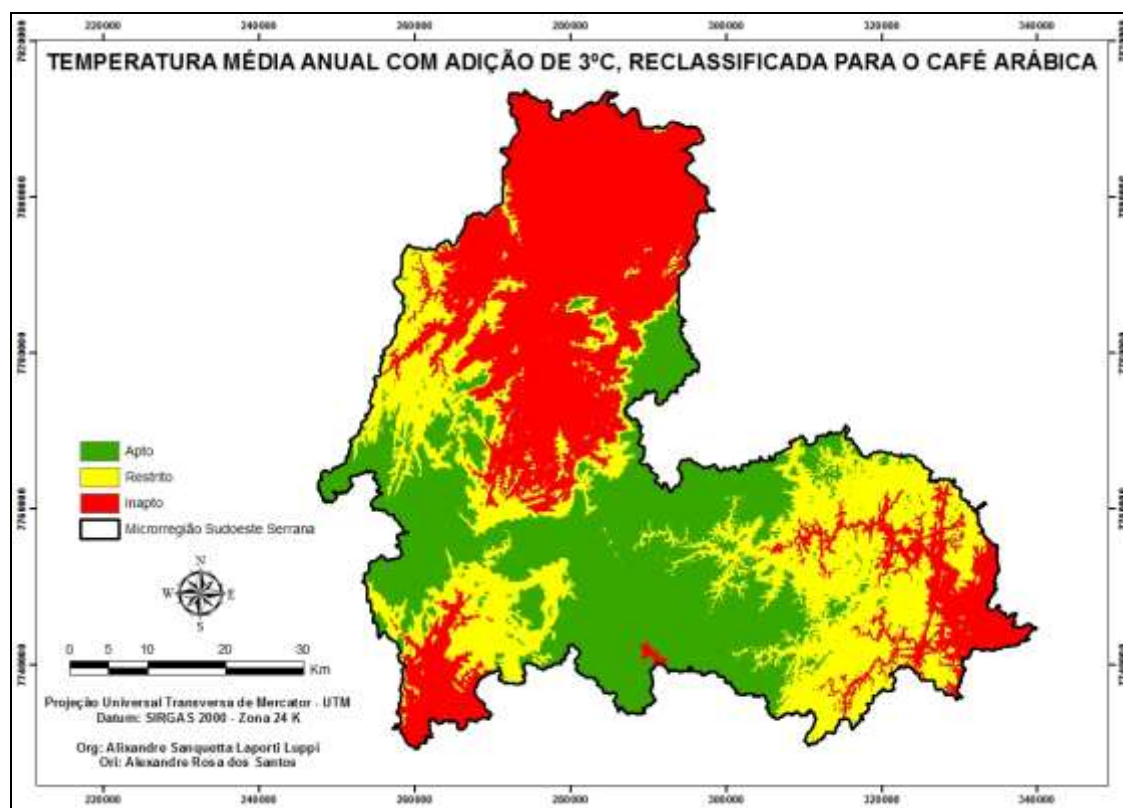


Figura 42 - Aptidão de temperatura com adição de 3°C, para o Café Arábica na Microrregião Sudoeste Serrana.

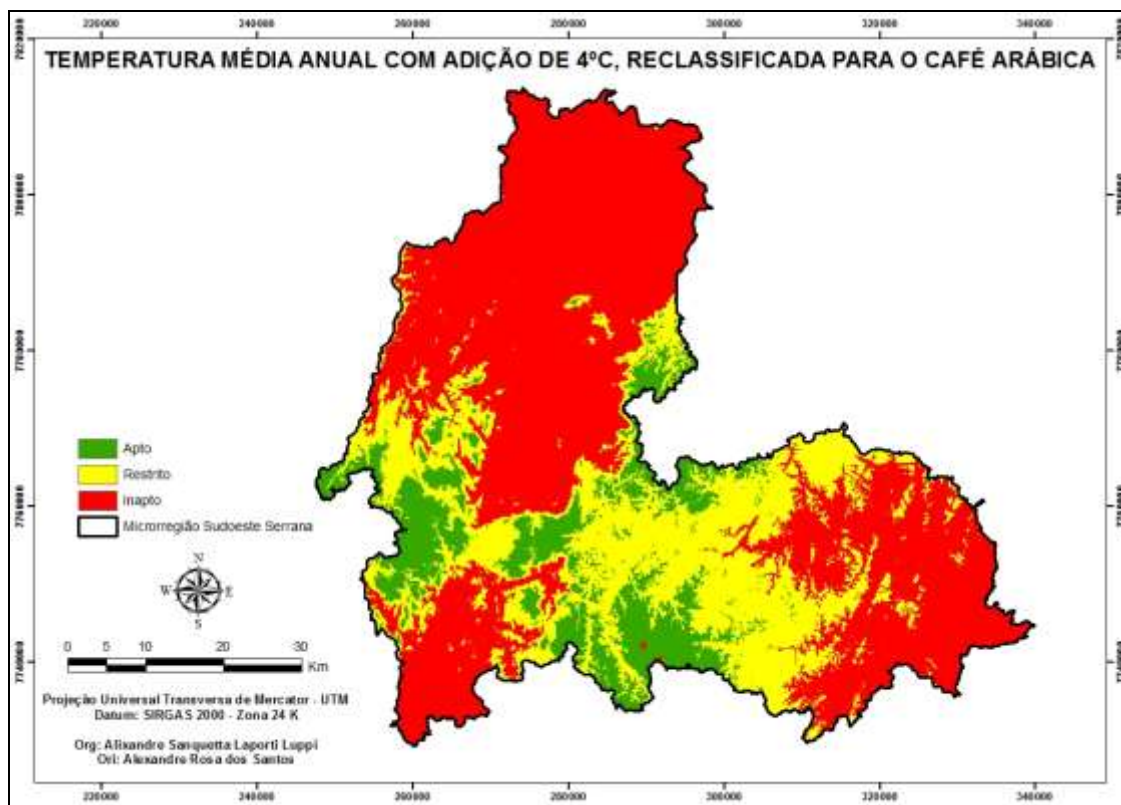


Figura 43 - Aptidão de temperatura com adição de 4°C, para o Café Arábica na Microrregião Sudoeste Serrana.

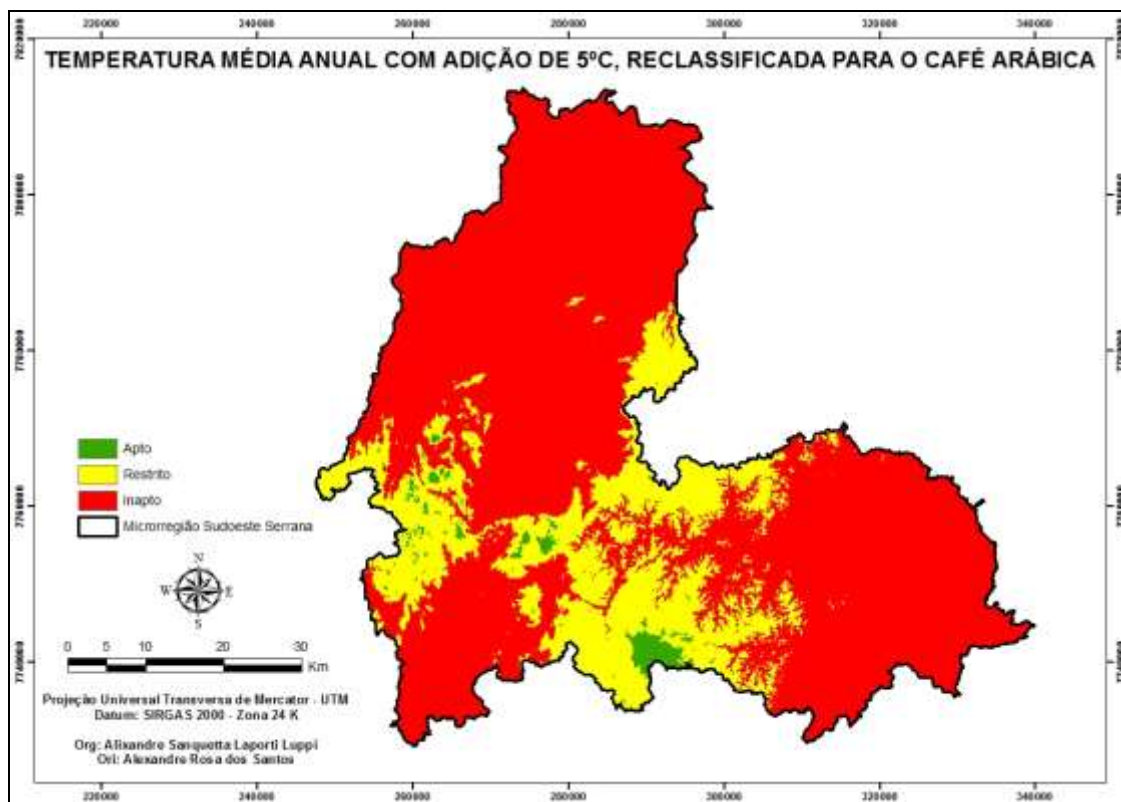


Figura 44 - Aptidão de temperatura com adição de 5°C, para o Café Arábica na Microrregião Sudoeste Serrana.

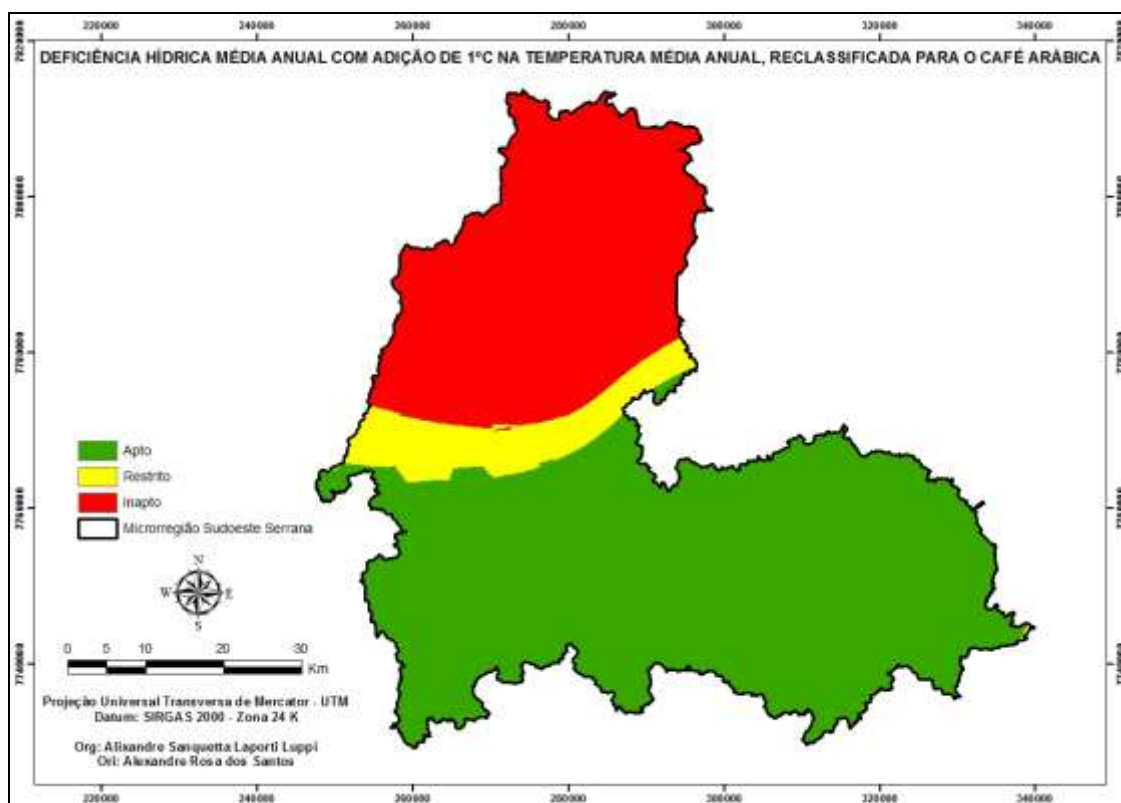


Figura 45 - Aptidão de deficiência hídrica com adição de 1°C nos dados de temperatura para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

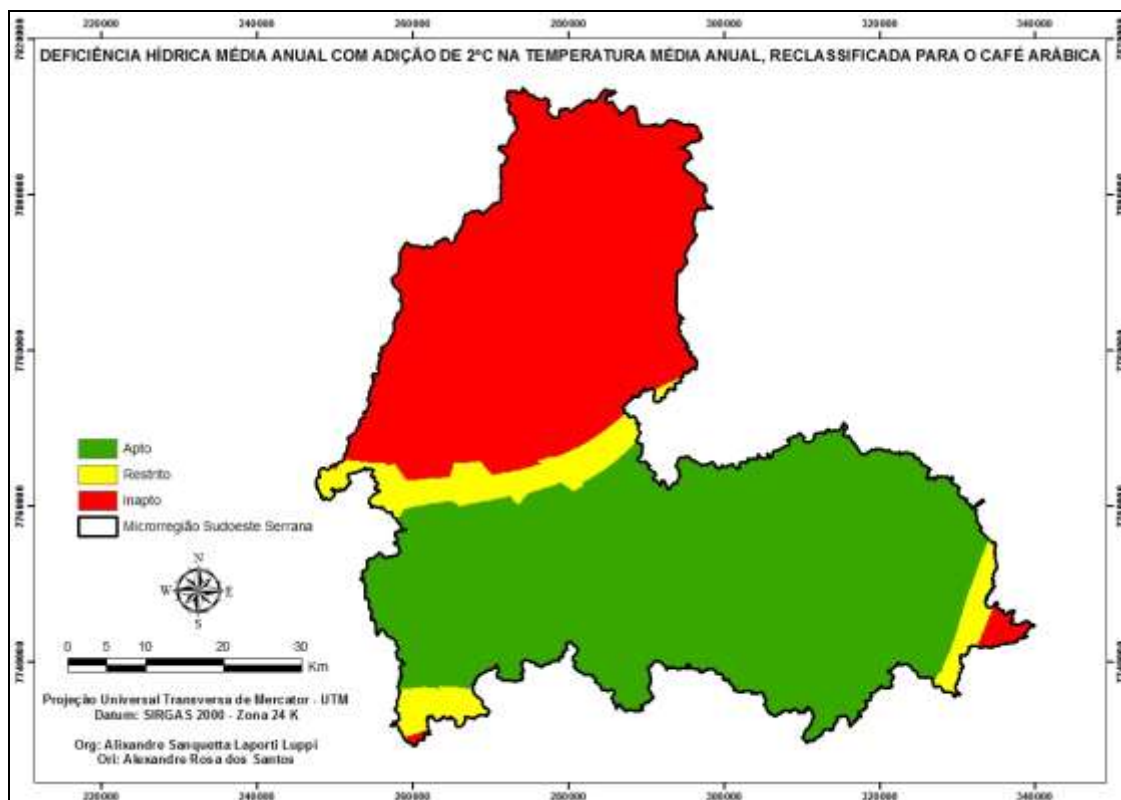


Figura 46 - Aptidão de deficiência hídrica com adição de 2°C nos dados de temperatura para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

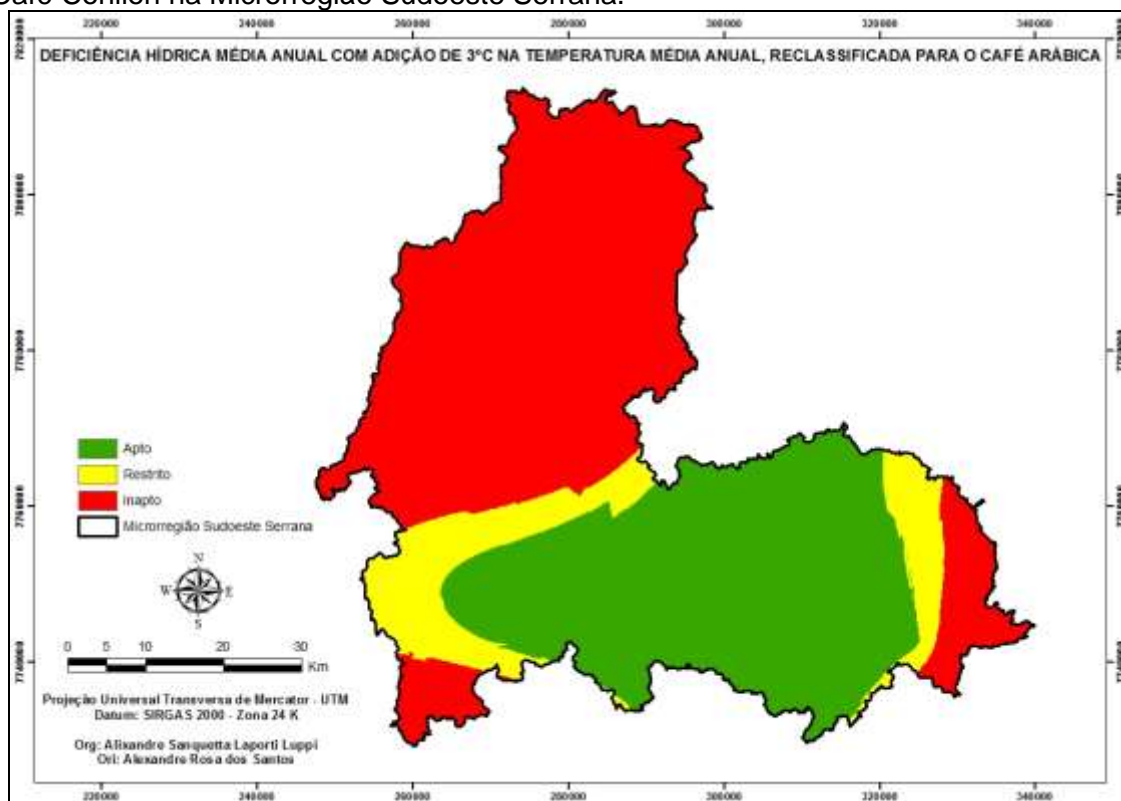


Figura 47 - Aptidão de deficiência hídrica com adição de 3°C nos dados de temperatura para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

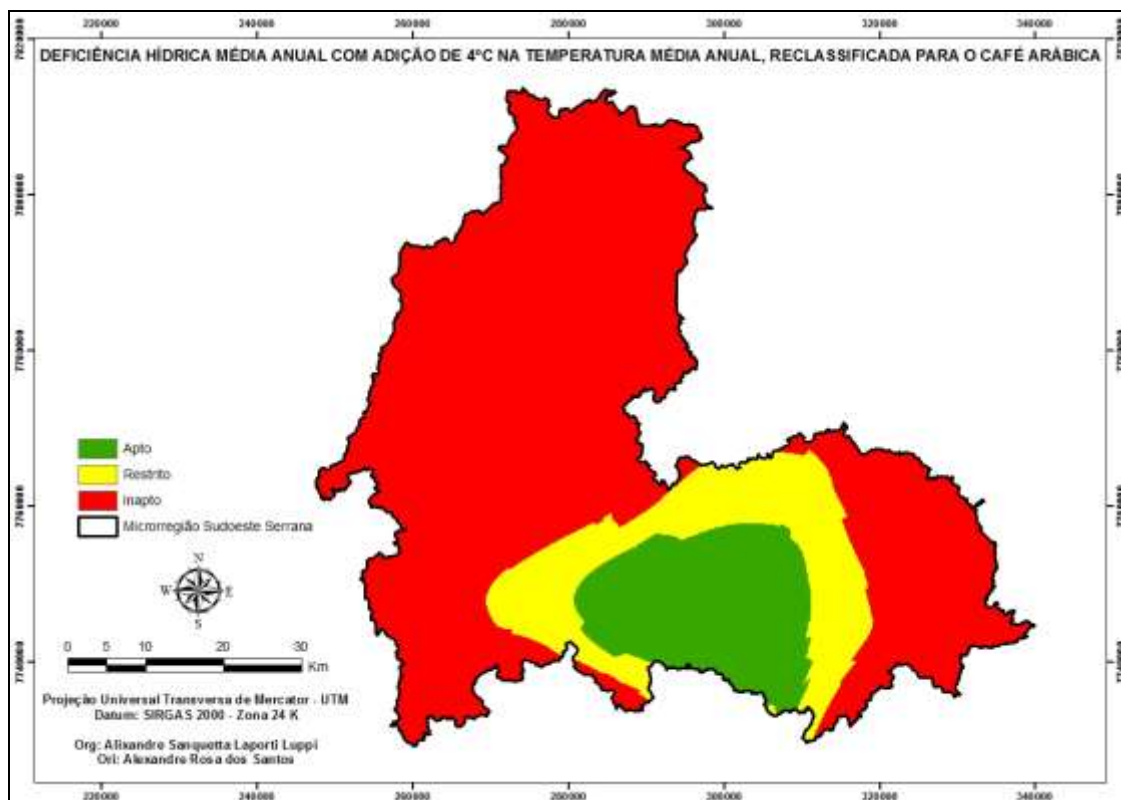


Figura 48 - Aptidão de deficiência hídrica com adição de 4°C nos dados de temperatura para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

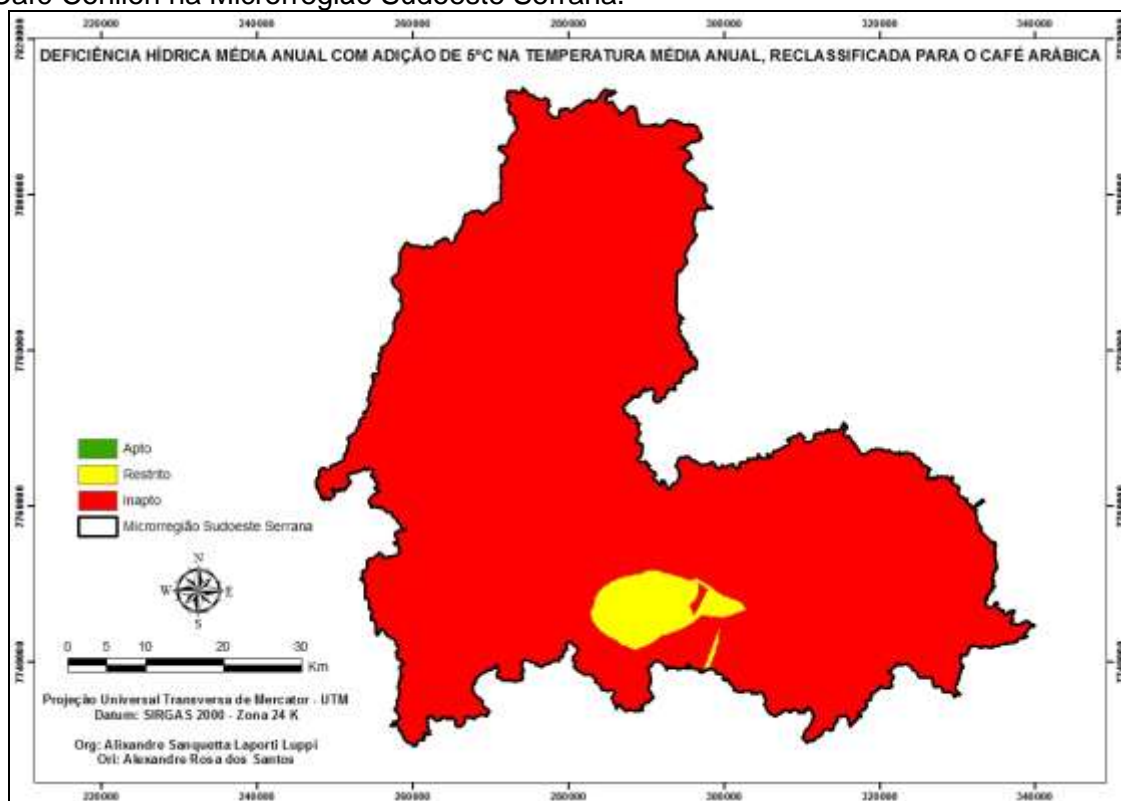


Figura 49 - Aptidão de deficiência hídrica com adição de 5°C nos dados de temperatura para o Café Conilon na Microrregião Sudoeste Serrana.

7. BIBLIOGRAFIAS

ALVES, H. M. R.; LACERDA, M.P.C. **Caracterização de agroecossistemas cafeeiros nas principais regiões produtoras no estado de Minas Gerais**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 11-17.

ASPIAZÚ, C.; BRITES, R. S. **SIGs. Sistemas de informações geográficas: conceituação e importância**. Viçosa: UFV/SIF, 1989.

ASSAD, E.D. et al. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p. 1057-1064, 2004.

ASSAD. E.; PINTO, H. S. **Aquecimento global e cenários futuros da agricultura brasileira**. São Paulo: Embrapa Agropecuária, 2008.

BERTOLDO, M. A. et al. Caracterização da cultura cafeeira em relação as classes de solos e declividade utilizando técnicas de geoprocessamento na região de São Sebastião do Paraíso-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 86-89.

BIETO, J.A.; TALON, M. **Fisiologia y bioquímica vegetal**. Madrid: Interamericana: McGraw-Hill, 1996.

BRANGANÇA, R. **Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades no Estado do Espírito Santo**. 2007. 89 f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) – Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

CÂMARA, G. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n.3, p. 395 – 403, 1996.

CAMARGO, A. P.; de, **Zoneamento da aptidão climática para a cultura de café arábica e robusta no Brasil**. In: IBGE. Recursos do meio ambiente e poluição. 1977. p. 68 – 76.

CAMARGO, A.P.C. Clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, n.126, p.13-26, 1985.

CARDOSO, A.P.S. **Café: cultura e tecnologia primária**. Lisboa: Silvas, 1994. 169p.

CETCAF. **Caracterização do parque cafeeiro no Estado do Espírito Santo**. Disponível em: <[http://www.cetcaf.com.br/Links/cafeicultura%20 capixaba.htm](http://www.cetcaf.com.br/Links/cafeicultura%20capixaba.htm)>. Acesso em: 21 maio 2010.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1999. 136 p.

CONGALTON, R.G. A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, n. 5, p. 593-600, 1988.

DADALTO, G. G.; BARBOSA, C. A. **Zoneamento Agroecológico para a cultura do café no Estado do Espírito Santo**. Vitória: SEAG-ES, 1997.

DADALTO, G. G.; BARBOSA, Celso Alves. **Zoneamento Agroecológico para a Cultura do Café no Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES: SEAG-ES, 1997.

DEL'ORTO. E. **Caracterização Climática, Morfológica e Ambiental da Região Serrana do Estado do Espírito Santo, ES**. (Monografia de Conclusão de Curso em Geografia)- Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

DOBSON, J. E. **Automated geography Professional Geographer**- Compares the potential of digital and conventional map use. See also set of discussions published in the next issue v. 35, p. 135-143,1983.

DRINNAN, J.E.; MENZEL, C.M. Temperature affects vegetative growth and flowering of coffee (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, v.70, p.25-34, 1995.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows-user's guide, version 1.0**. Worcester MA: Clark University, 1995.

ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE **ArcGIS Professional GIS for the desktop**, versão 9.2. EUA, 2006.

FASIO, L. H.; SILVA, A. E. S. da. Importancia economica e social do cafe Conilon. *In*: FERRAO, R. G. *et al.* (Ed.). **Café Conilon**. Vitoria, ES: Incaper, 2007. cap. 1, p. 37-52.

FELGUEIRAS, C. A. **Desenvolvimento de um sistema de modelagem digital de terreno para microcomputadores**. 1987. 243f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1987.

FERREIRA, C. C. M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1997.

FISHER, P. F.; LINDENBERG, R. On distinctions among Cartography, Remote Sensing, and Geographic Information Systems. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.55, n.10, p. 1431-1434, 1989.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2ª edição, 101 p, 2007.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO MABIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (IEMA). **Ortofotomosaico do Estado do Espírito Santo na escala de 1: 35.000 referente a julho de 2007**. Cariacica, 2009.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). **Divisão Regional do Estado do Espírito Santo: Microrregiões de Gestão Administrativa**. Vitória. Coordenação de Geoprocessamento, 2009.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE,. **Climate Change 2007**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007, 996 p.

IPPOTILI-RAMILO, G. A. **Imagens TM/Landsat-5 da época de pré-plantio para a previsão da área de culturas de verão**. 1998.183f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998.

LAGO, I. et al. Impact of increasing mean air temperature on the development of rice and red rice. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1441-1448, 2008.

MARBLE, D. F.; PEUQUET, D. J. **Geographics information system and remote sensing: manual of remote sensing**. 2. ed. Falls Church: American Society of Photogrametry, 1983.

MARTINS, C. A. S. **Avaliação do desempenho de irrigação em áreas cultivadas no Sul do Estado do Espírito Santo**. 2009.107f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) – Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

MELO, B.; BARTHOLO, G.F.; MENDES, A.N.G.. **Café: variedades e cultivares**. **Informe Agropecuário**, v.19, n.193, p.92-96, 1998.

MENDES, C. A. B. **Planejamento nacional de recursos hídricos baseado no uso de técnicas de geoprocessamento**. Porto Alegre: [s.n], 1997.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa, MG: UFV, 3ª edição, 320 p, 2007.

MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. Análise espectral e temporal da cultura do café em imagens Landsat. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.3, p.223-231,2004.

MOREIRA, M. A.; BARROS, M. A.; ROSA, V. G. C.; ADAMI, M. Tecnologia de informação: imagens de satélite para o mapeamento de áreas de café de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 241, p. 27-37, 2007.

MOREIRA, M.A., ADAMI, M., RUDORFF, B.F.T. Análise **do comportamento espectral de café em imagens TM e ETM+ do Landsat 5 e 7**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, Belo Horizonte, **Anais...**Belo Horizonte: INPE,2003. p. 189-196.

ODUM, H. T.; ODUM, E. C. **A prosperous way down: principles and policies**. Colorado, USA: University Press of Colorado, 2001.

OLIVEIRA, J. C. **Índice para avaliação de segmentação (IAVAS): uma aplicação em agricultura**. 2003.160 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

OMETTO, J. C.; **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 440 p.

PARENT, P.; CHURCH, R. Evolution of geographical information systems as decision making tools. Proceedings, **GIS**, v.87. p. 63-71, 1987.

PEDEAG. **Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura** : novo PEDEAG 2007-2025. Vitória, ES: Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca, 2008.

PELÚZIO, J. B. et. al. **Zoneamento agroclimático para *Alpinia purpurata* no Estado do Espírito Santo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 17., 2009, Campinas, SP. CONGRESSO BRASILEIRO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS, 4., 2009, Aracajú, SE. **Anais...** Campinas, SP: SBFPO, 2009.

PINO, F. A. Estatísticas agrícolas para o século XXI. **Agricultura em São Paulo**. v.46, n.2, p.71-105. 1999.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v.16, p. 81 – 90, 2005.

SANTOS, A. R. **Zoneamento Agroclimatológico para a Cultura do Café Conilon (*Coffea canephora* L.) e Arábica (*Coffea arabica* L.), na Bacia do Rio Itapemirim, ES**. 1999. 125 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 1999.

SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. **SPRING 5.1.2 : passo a passo : aplicações práticas**. Alegre, ES : CAUFES, p. 153, 2010.

SANTOS, A. R. **Atlas das áreas com potencial de risco do Estado do Espírito Santo – ARES**. Vitória: Editora BIOS, 2006.

SEDIYAMA, G.C. et al. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n. esp., .p.501-509, 2001.

SILVA, A. B. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: UNICAMP, 2003.

SILVA, J. G. F.; REIS, E. F. Irrigação do cafeeiro Conilon *In*: FERRAO, R. G. *et al.* **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. cap. 3, p. 347-376.

SMITS, P. C.; DELLEPIANE, S. G.; SCHOWENGERDT, R. A. Quality assessment of image classification algorithms for land-cover mapping: a review and a proposal for a cost based approach. **International Journal of Remote Sensing**, v.20, n.8, p.1461-86, 1999.

STEHMAN, S. V. Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy. **Remote Sensing of Environment**, v.62, n.1, p.77– 89, 1997.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1351 - 1359, 2006b.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Simulação do impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 424-433, 2006a.

STRECK, N. A.; LAGO, I.; ALBERTO, C. M.; BISOGNIN, D. A. Simulação do desenvolvimento da batata (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Asterix em cinco cenários de mudanças climáticas em Santa Maria, RS. **Bragantia**, v. 65, p. 693-702, 2006.

STRECK, N.A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 730-740, 2005.

THOMPSON, S.K. **Sampling**, 2 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002. 343 p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991.