



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – UFES  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS – CCAE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL – PPGPV

**MORGANA SCARAMUSSA GONÇALVES**

**SENSORIAMENTO REMOTO NA GESTÃO DA AGRICULTURA  
IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL E COBERTURA DO SOLO COM  
GRAMÍNEAS TROPICAIS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

ALEGRE, ES

2020

**MORGANA SCARAMUSSA GONÇALVES**

**SENSORIAMENTO REMOTO NA GESTÃO DA AGRICULTURA  
IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL E COBERTURA DO SOLO COM  
GRAMÍNEAS TROPICAIS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Tese apresentada a Universidade Federal do Espírito Santo como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Doctor Scientiae em Produção Vegetal, na área de concentração em Solo e Água e Interação com Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis.

ALEGRE, ES

2020

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de  
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

G635s      Gonçalves, Morgana Scaramussa, 1990-  
              **SENSORIAMENTO REMOTO NA GESTÃO DA  
AGRICULTURA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL E  
COBERTURA DO SOLO COM GRAMÍNEAS TROPICAIS  
NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO / Morgana Scaramussa  
Gonçalves. - 2020.**  
              119 f. : il.

              Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis.  
              Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade  
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e  
Engenharias.

              1. Sensoriamento remoto. 2. Água de irrigação. 3. Bacias  
hidrográficas. 4. Zoneamento. 5. Pastagens. 6. Cobertura dos  
solos. I. Reis, Edvaldo Fialho dos. II. Universidade Federal do  
Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. III.  
Título.

              CDU: 63

---

**MORGANA SCARAMUSSA GONÇALVES**

**SENSORIAMENTO REMOTO NA GESTÃO DA AGRICULTURA  
IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL E COBERTURA DO SOLO COM  
GRAMÍNEAS TROPICAIS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Tese apresentada a Universidade Federal do Espírito Santo como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doctor Scientiae em Produção Vegetal, na área de concentração em Solo e Água e Interação com Plantas.

Aprovada em 30 de junho de 2020.

Comissão examinadora:

---

**Prof. Dr. Sc. Edvaldo Fialho dos Reis**  
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – UFES  
Orientador

---

**Prof. Dr. Sc. José Francisco Teixeira do Amaral**  
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – UFES

---

**Prof. Dr. Sc. Alexandre Rosa dos Santos**  
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – UFES

---

**Dr. Sc. Lucas Rosa Pereira**  
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – UFES

## **BIOGRAFIA**

MORGANA SCARAMUSSA GONÇALVES, filha de Archanjo José Gonçalves e Maristela Scaramussa Gonçalves e irmã de Guilherme Scaramussa Gonçalves, nasceu em 19 de janeiro de 1990, na cidade de Cachoeiro de Itapemirim, Estado do Espírito Santo.

Passou a infância e adolescência na cidade de Cachoeiro de Itapemirim, cursou o ensino fundamental na Escola CIAC Raymundo Andrade. O primeiro e segundo ano do ensino médio cursou na Escola Guimarães Rosa e o terceiro ano no Centro de Ensino Darwin Cachoeiro de Itapemirim.

Em 2008, iniciou o Curso de Agronomia, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo em Alegre - ES, graduando-se em Bacharel em Agronomia em 2013. Durante a graduação participou de programas de pesquisa por quatro anos e meio, dos quais foi bolsista de iniciação científica CNPq e FAPES.

Em março de 2014, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal na área de concentração de Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas, obtendo o título de mestre em fevereiro de 2016.

Em março de 2016, iniciou o curso de doutorado no Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal na área de concentração de Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas.

**Dedico**

A Deus, por ter permitido e me sustentado nessa caminhada;

A meu filho Augusto, por ter sido a força e incentivo que me faltava;

A minha família, pela união, amor, dedicação e exemplo de vida, que são o verdadeiro alicerce.

“A terra possui recursos suficientes para prover às necessidades de todos, mas não à avidez de alguns.”

Mahatma Gandhi

“Feliz é o homem que persevera na provação, porque depois de aprovado receberá a coroa da vida, que Deus prometeu aos que o amam.”

Tiago 1:12

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo milagre da vida e por me sustentar na fé;

A minha pessoa que apesar de toda eventualidade, desfavor e escassez de apoio/estrutura física, profissional e institucional, permaneci firme, perseverante e empenhada nessa jornada destrutiva, seja mental, corporal ou emocional.

A meu filho Augusto Gonçalves Pizetta, que foi e é minha verdadeira alegria e força para vencer em meio a tanto caos e desconformidade.

A minha família, meu marido Diego Grillo Pizetta, a meu pai Archanjo José Gonçalves, a minha mãe Maristela Scaramussa Gonçalves e a meu irmão Guilherme Scaramussa Gonçalves, aos quais tudo devo e representam em minha vida, e que tanto me ajudaram na execução desse trabalho e na conclusão de mais uma etapa em minha formação profissional;

Ao meu leal amigo Wilian Rodrigues Ribeiro, pela troca de conhecimento, informações, toda incansável ajuda que colaboraram na execução do trabalho e, principalmente, por ter sido família em Alegre.

Ao meu grupo de trabalho: Wilian Rodrigues Ribeiro, André Alves Pinheiro, Daniel Soares Ferreira, Lucas Zardo Barbiero, Eduardo Igreja Grasse e Samuel Ferreira da Silva, com quem tanto aprendemos juntos, compartilhamos conhecimento e apoio ao longo dessa jornada.

Ao meu orientador Edvaldo Fialho dos Reis, por toda orientação, paciência, confiança e dedicação ao meu trabalho. Seus ensinamentos me proporcionaram crescimento profissional e pessoal;

Ao gentil Professor Alexandre Rosa dos Santos e ao grupo GAGEN (Geotechnology Applied to Global Environment) por todas as informações, conhecimentos, disponibilidade em ceder seus equipamentos, que foram genuinamente comprometidos com o engrandecimento do trabalho e para com meus objetivos, que contribuíram imensamente na minha vida acadêmica;

Aos Professores José Francisco Teixeira do Amaral e Antônio Carlos Cóser, pela amizade, troca de experiências e toda gentileza que tiveram para comigo ao longo dessa trajetória árdua que foi o Doutorado;

A UFES e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de cursar o Doutorado;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Obrigada!



## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL .....</b>	<b>10</b>
<b>GENERAL ABSTRACT .....</b>	<b>12</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>14</b>
1.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>19</b>
2.1. Disponibilidade hídrica para irrigação.....	19
2.1.1. Importância da irrigação na segurança alimentar global.....	19
2.1.2. Segurança hídrica no Brasil.....	20
2.1.3. Disponibilidade Hídrica do Estado do Espírito Santo.....	22
2.2. Cobertura do solo com Gramínea.....	24
2.2.1. Áreas de gramíneas no Brasil.....	24
2.2.2. Suceptibilidade de gramíneas tropicais à variação climática .....	25
2.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
<b>CAPÍTULO 1: ESPACIALIZAÇÃO DA ÁREA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO .....</b>	<b>36</b>
RESUMO.....	36
ABSTRACT .....	37
1. INTRODUÇÃO .....	38
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
4. CONCLUSÕES.....	62
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
<b>CAPÍTULO 2: ZONEAMENTO EDAFOCLIMÁTICO DE GRAMÍNEAS TROPICAIS PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.....</b>	<b>66</b>
RESUMO.....	66
ABSTRACT .....	67
1. INTRODUÇÃO .....	68
2. METODOLOGIA .....	70
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	76
4. CONCLUSÕES.....	85
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	86
<b>APÊNDICE A - AREAS APTITUDE FOR INSTALLATION OF <i>Brachiaria brizantha</i> TO MUNICIPALITIES FOR ESPÍRITO SANTO STATE, BRAZIL.....</b>	<b>93</b>

<b>APÊNDICE B - AREAS APTITUDE FOR INSTALLATION OF <i>Cynodon dactlon</i> TO MUNICIPALITIES FOR ESPÍRITO SANTO STATE, BRAZIL. ....</b>	<b>103</b>
<b>APÊNDICE C - AREAS APTITUDE FOR INSTALLATION OF <i>Panicum maximum</i> TO MUNICIPALITIES FOR ESPÍRITO SANTO STATE, BRAZIL. ....</b>	<b>111</b>
<b>APÊNDICE D - AREAS APTITUDE FOR INSTALLATION OF <i>Pennisetum purpureum</i> TO MUNICIPALITIES FOR ESPÍRITO SANTO STATE, BRAZIL.....</b>	<b>120</b>

## RESUMO GERAL

GONÇALVES, Morgana Scaramussa; D. Sc. Universidade Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. Junho, 2020. SENSORIAMENTO REMOTO NA GESTÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL E COBERTURA DO SOLO COM GRAMÍNEAS TROPICAIS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis.

A sustentabilidade da agricultura é uma das principais preocupações das Nações Unidas, já que o foco se concentra no aumento da produtividade agrícola a fim de lidar com o atual crescimento populacional. Dessa forma, estudos que visem a avaliar e computar informações para o gerenciamento de sistemas agrícolas como bases de conhecimento são fundamentais para elaboração do planejamento estratégico em busca de uma produção agropecuária mais sustentável e com inúmeras oportunidades para aumentar o retorno do investimento agrícola irrigado por meio do gerenciamento integrado de água-lavoura-pecuária. A irrigação é uma técnica utilizada em várias regiões do mundo a fim de suprir hidricamente as culturas em déficit, que pode ser gerenciada com o uso da ferramenta: sensoriamento remoto que vem sendo cada vez mais explorado em diversos setores agrícolas. No estado do Espírito Santo essa ferramenta possibilitou quantificar 276 unidades de pivôs centrais, com área superior a 12.000 ha e demanda anualmente de 33.000.000 m<sup>3</sup> de água para irrigação, sendo a Macrorregião Norte do Estado a que concentra 81 % desta área irrigada total e responde por 90% da demanda hídrica, com destaque para o município de Pinheiros. Ademais, a Interbacia hidrográfica do rio Itaúnas corresponde a 80 % da demanda hídrica e os meses de maio e junho apresentaram maior necessidade de complementação hídrica. O gerenciamento eficiente dos recursos hídricos na agricultura irrigada requer conhecimento abrangente sobre muitas variáveis, incluindo clima, solo, uso da terra, lavouras, disponibilidade de água, redes de distribuição de água, práticas de manejo etc. Tais informações provenientes de diferentes fontes empregadas em bancos de dados georreferenciados permitem uma interação mais rápida e fácil com o uso de modelos e de ferramentas de suporte a decisões. Assim, condições climáticas consideradas ótimas para o desenvolvimento de certa espécie garantem a produtividade e conseqüentemente ganhos econômicos. Uma vez que é muito importante escolher áreas para o cultivo de cada espécie de

acordo com sua aptidão agroclimática, o zoneamento edafoclimático de culturas é mais uma ferramenta do sensoriamento remoto com a qual identificou-se que o Estado do Espírito Santo possui maior aptidão a gramínea da espécie *Cynodon*, seguida de *Panicum*, *Brachiaria* e *Pennisetum*, e que a estacionalidade produtiva provocada pelos fatores climáticos compele as autoridades e aos produtores que é preciso traçar um plano de manejo do sistema produtivo a pasto ao longo do ano, principalmente com a implantação de sistemas de irrigação eficientes e bem executados tanto na escassez hídrica da estação seca como nos veranicos da estação chuvosa.

**Palavras-chave:** Agropecuária, georreferenciamento, recursos hídricos.

## GENERAL ABSTRACT

GONÇALVES, Morgana Scaramussa; D. Sc. Universidade Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. June 30<sup>th</sup>, 2020. REMOTE SENSING IN THE MANAGEMENT OF IRRIGATED AGRICULTURE BY CENTRAL PIVOT AND SOIL COVERAGE WITH TROPICAL GRASSES IN THE STATE OF ESPÍRITO SANTO. Advisor: Edvaldo Fialho dos Reis.

The sustainability of agriculture is one of the main concerns of the United Nations, since the focus is on increasing agricultural productivity in order to deal with the current population growth. Thus, studies that aim to evaluate and compute information for the management of agricultural systems as knowledge bases are fundamental for the elaboration of strategic planning in search of a more sustainable agricultural production and with countless opportunities to increase the return on irrigated agricultural investment through integrated water-crop-livestock management. The Irrigation is a technique used in several regions of the world in order to supply deficit crops hydraulically, which can be managed with the use of the tool: remote sensing that has been increasingly explored in several agricultural sectors. In the state of Espírito Santo with this tool it was possible to quantify 276 central pivot units, with an area greater than 12,000 ha and an annual demand of 33,000,000 m<sup>3</sup> of water for irrigation. The North Macroregion of State concentrates 81% of total irrigated area and accounts for 90% of the water demand, especially the city of Pinheiros. Moreover the hydrographic interbasin of Itaúnas river corresponds to 80% of the water demand and May and June months presented the greatest requirement for water complementation. Efficient management of water resources in irrigated agriculture requires comprehensive knowledge of many variables, including climate, soil, land use, crops, water availability, water distribution networks, management practices, etc. Such information from different sources used in georeferenced databases allows for faster and easier interaction with the use of models and decision support tools. Thus, climatic conditions considered optimal for the development of a certain species guarantee productivity and consequently economic gains. It is very important to choose areas for the cultivation of each species according to their agroclimatic aptitude. In this sense, the edaphoclimatic zoning of crops is one more tool of remote sensing with which it was identified that the State of Espírito Santo has greater aptitude to grass of the Cynodon species,

followed by Panicum, Brachiaria and Pennisetum, and that the productive seasonality caused by climatic factors compel the authorities and producers that it is necessary to draw up a management plan for the productive system on pasture throughout the year, mainly with the implementation of efficient irrigation systems that are well executed both in the dry and in the rainy seasons.

**Keywords:** Agriculture, georeferencing, water resources.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A sustentabilidade da agricultura é uma das principais preocupações das Nações Unidas, já que o foco se concentra no aumento da produtividade agrícola a fim de lidar com o atual crescimento populacional (FAO, 2019). A indústria agrícola deve, portanto, maximizar o uso dos recursos disponíveis, e a agricultura de precisão pode desempenhar um papel significativo na consecução desse objetivo (EZENNE et al., 2019).

A produtividade das culturas agrícolas é afetada por vários fatores, como umidade do solo, nutrientes, capacidade de retenção de água, pH e outros. Para lidar com tais fatores, os agricultores empregam técnicas avançadas como o uso de fertilizantes e de sistemas de irrigação para aumentar o rendimento e evitar a perda de produtividade das culturas. Para tanto, os agricultores precisam das localizações das regiões afetadas para que possam tomar ações corretivas adequadas, enquanto muitos governos precisam desses dados para prever os preços futuros dos produtos, e as empresas financeiras e seguradoras precisam desses dados para analisar os danos às culturas (DELOITTE, 2019).

Nesse sentido, a agricultura de precisão é um conceito de gestão agrícola onde uma prática é realizada no momento certo, no lugar certo e na intensidade apropriada (MAES; STEPPE, 2019). Geralmente, utiliza técnicas digitais (satélite, sensores e outros) para otimizar os processos de produção agrícola e minimizar os impactos ambientais adversos (ABDULLAHI; MAHIEDDINE; SHERIFF, 2015; SCHRIJVER; POPPE; DAHEIM, 2016).

Desde meados do século XX o mundo vem sofrendo mudanças climáticas planetárias sem precedentes (PIROVANI et al., 2018). Estudos mostram aumento da temperatura da atmosfera e dos oceanos, redução da quantidade de neve e gelo, aumento do nível do mar e das concentrações de gases de efeito estufa (DAI, 2013; FU et al., 2015; GRIGGS; NOGUER, 2002; IPCC, 2014; PETERS et al., 2013; ROGELJ et al., 2011; ROMPS et al., 2014; TRENBERTH et al., 2014). Os seres vivos, bem como vários setores econômicos são afetados por essas mudanças. Não diferente as espécies agrícolas, que têm seu índice de produtividade fortemente correlacionados com as condições climáticas as quais são submetidas (CAMPOS, 2011).

Assim, mudanças nas condições climáticas consideradas ótimas para o desenvolvimento de uma certa espécie geram perdas de produtividade e conseqüentemente perdas econômicas (ANDRADE et al., 2012; ASSAD et al., 2004; CAMPOS, 2011; GHINI et al., 2007; KOSAKA; XIE, 2013; PEZZOPANE et al., 2012a; RODRIGUES et al., 2005).

Dessa forma, é muito importante escolher áreas para o cultivo de cada espécie de acordo com sua aptidão agroclimática (ZHANG; STENGER; HAROU, 2015).

Além disso, os cenários atuais de mudança climática contribuem para aumentar a necessidade de preservar os corpos d'água naturais por meio de um planejamento racional da irrigação (CARDOZO; BORDONAL; LA SCALA, 2016). A agricultura irrigada representa a maior parte da demanda por água, sendo o primeiro setor a ser afetado pela escassez de água, resultando em uma menor capacidade de manter a produção per capita de alimentos (BONFANTE et al., 2018). Portanto, o uso eficiente da água na agricultura é um dos desafios agrícolas mais importantes que as tecnologias modernas estão ajudando a resolver (NAVARRO-HELLÍN et al., 2016).

O gerenciamento eficiente da terra e dos recursos hídricos na agricultura irrigada requer conhecimento abrangente sobre muitas variáveis, incluindo clima, solo, uso da terra, lavouras, disponibilidade de água, redes de distribuição de água, práticas de manejo etc (TODOROVIC; STEDUTO, 2003). Tais informações provenientes de diferentes fontes empregadas em bancos de dados georreferenciados permitem uma interação mais rápida e fácil com o uso de modelos e de ferramentas de suporte à decisões (MAIDMENT; DJOKIC, 2000).

Dados os desafios emergentes com a crescente necessidade de ter um gerenciamento de água resiliente em muitas das cestas de alimentos do mundo, é necessário entender melhor o papel da infraestrutura de água de pequena escala construída e distribuída pelo homem em paisagens agrícolas (AYANTUNDE; COFIE; BARRON, 2018). Isso é particularmente importante em ambientes agro-ecológicos, com infraestrutura de água natural em corpos hídricos e com acesso econômico para explorar os possíveis recursos hídricos (ALTCHENKO; VILLHOLTH, 2015). Assim, estudos que visem a avaliar computar informações para o gerenciamento de sistemas agrícolas possibilitando a formação de bases de conhecimento são fundamentais para elaboração do planejamento estratégico em busca de uma produção agropecuária mais sustentável e com inúmeras oportunidades para aumentar o retorno do investimento agrícola irrigado por meio do gerenciamento integrado de água-lavoura-pecuária.



## 1.1.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAHI, H. S.; MAHIEDDINE, F.; SHERIFF, R. E. Technology Impact on Agricultural Productivity: A Review of Precision Agriculture Using Unmanned Aerial Vehicles. In: **Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST**. [s.l: s.n.]. v. 154p. 388–400.

ALTCHENKO, Y.; VILLHOLTH, K. G. Mapping irrigation potential from renewable groundwater in Africa-A quantitative hydrological approach. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 19, n. 2, p. 1055–1067, 2015.

ANDRADE, G. A.; RICCE, W. DA S.; CARAMORI, P. H.; ZARO, G. C.; MEDINA, C. de C. Zoneamento agroclimático de café robusta no Estado do Paraná e impactos das mudanças climáticas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 4, p. 1381–1390, 30 ago. 2012.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J. Á.; A. M. HELMINSK. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1057–1064, nov. 2004.

AYANTUNDE, A. A.; COFIE, O.; BARRON, J. Multiple uses of small reservoirs in crop-livestock agro-ecosystems of Volta basin: Implications for livestock management. **Agricultural Water Management**, v. 204, n. September 2017, p. 81–90, 2018.

BONFANTE, A. BASILE, A.; LANGELLA, G.;MANNA, P.;TERRIBILE, F. Soil science solutions for advancing SDG 2 towards resilient agriculture. In: LAL, R.; HORN, R.; KOSAKI, T. (Eds.). . **Soil and Sustainable Development Goals**. Stuttgart, Germany: Schweizerbart Science Publishers, 2018. p. 196.

CAMPOS, C. G. C. **Padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar na região sul do Brasil e seus impactos nos cultivos de pêsego e de nectarina em Santa Catarina**. [s.l.] INPE, 2011.

CARDOZO, N. P.; BORDONAL, R. DE O.; LA SCALA, N. Greenhouse gas emission estimate in sugarcane irrigation in Brazil: is it possible to reduce it, and still increase crop yield? **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 3988–3997, jan. 2016.

DAI, A. Increasing drought under global warming in observations and models. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 1, p. 52–58, 2013.

DELOITTE. **InFocus Insurance industry drone use is flying higher and farther Potential applications span pre- and post-loss insurance value chain**. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/us/en/pages/financial-services/articles/infocus-drone-use-by-insurance-industry-flying-higher-farther.html>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

EZENNE, G. I.; JUPP, L.; MANTEL, S. K.; TANNER, J. L. L. Current and potential capabilities of UAS for crop water productivity in precision agriculture. **Agricultural Water Management**, v. 218, n. March, p. 158–164, 2019.

FAO, F. AND A. O. OF THE U. N. **Food security and nutrition and sustainable agriculture**. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/topics/fooda>>. Acesso em: 1 nov. 2019.

FU, Y. H.; ZHAO, H.; PIAO, S.; PEAUCELLE, M.; PENG, S.; ZHOU, G.; CIAIS, P.; HUANG, M.; MENZEL, A.; PEÑUELAS, J.; SONG, Y.; VITASSE, Y.; ZENG, Z.; JANSSENS, I. A. Declining global warming effects on the phenology of spring leaf unfolding. **Nature**, v. 526, n. 7571, p. 104–107, 23 out. 2015.

GHINI, R.; HAMADA, E.; GONÇALVES, R. R.V.; GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R. Análise de risco das mudanças climáticas globais sobre a Sigatoka-negra da bananeira no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 197–204, 2007.

GRIGGS, D. J.; NOGUER, M. Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. **Weather**, v. 57, n. 8, p. 267–269, 2002.

IPCC. **Climate Change 2013 - The Physical Science Basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

KOSAKA, Y.; XIE, S. P. Recent global-warming hiatus tied to equatorial Pacific surface cooling. **Nature**, v. 501, n. 7467, p. 403–407, 2013.

MAES, W. H.; STEPPE, K. Perspectives for Remote Sensing with Unmanned Aerial Vehicles in Precision Agriculture. **Trends in Plant Science**, v. 24, n. 2, p. 152–164, fev. 2019.

MAIDMENT, D. R.; DJOKIC, D. **Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographical Information Systems**. Redlands, CA: [s.n.].

NAVARRO-HELLÍN, H.; MARTÍNEZ-DEL-RINCON, J.; DOMINGO-MIGUEL, R.; SOTO-VALLES, F.; TORRES-SÁNCHEZ, R. A decision support system for managing irrigation in agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 124, p. 121–131, jun. 2016.

PETERS, G. P.; ANDREW, R. M.; BODEN, T.; CANADELL, J. G.; CIAIS, P.; LE QUÉRÉ, C.; MARLAND, G.; RAUPACH, M. R.; WILSON, C. The challenge to keep global warming below 2 °C. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 1, p. 4–6, 2 jan. 2013.

PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J.R.M.; CASTRO, F.S.; JESUS JÚNIOR, W.C.; XAVIER, A.C.; CAMPANHARO, W.A.; SPERANDIO, H.V.; GUARIZ, H.R. Zoneamento agroclimático. In: PEZZOPANE, J. et al. (Eds.). . **Agrometeorologia: Aplicações Para o Espírito Santo**. 1. ed. Alegre, ES: CAUFES, 2012. p. 99–134.

PIROVANI, D. B.; PEZZOPANE, J. E. M.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; JESUS JÚNIOR, W. C.; MACHUCA, M. A. H.; SANTOS, G. M. A. D. A.; SILVA, S. F.; OLIVEIRA, P. T. M.; EUGENIO, F. C.; MOREIRA, T. R.; ALEXANDRE, R. S.; SANTOS, A. R. Climate change impacts on the aptitude area of forest species. **Ecological Indicators**, v. 95, n. December 2017, p. 405–416, dez. 2018.

RODRIGUES, S. B. S.; MOURA, B. R.; SOARES, A. R.; MARCELO, R. V.; MANTOVANI, E. C. **Evaluation of the Effect of Different Dosages of Nitrogen and Potassium Applied By Fertirrigation in the Productivity of Coffee Plants in Viçosa - Mg.** (EMBRAPA, Ed.)In: IV Simpósio de Pesquisa Dos Cafés Do Brasil. **Anais...**Londrina, PR: EMBRAPA Café, 2005

ROGELJ, J.; HARE, W.; LOWE, J.; VAN VUUREN, D. P.; RIAHI, K.; MATTHEWS, B.; HANAOKA, T.; JIANG, K.; MEINSHAUSEN, M. Emission pathways consistent with a 2 °C global temperature limit. **Nature Climate Change**, v. 1, n. 8, p. 413–418, 2011.

ROMPS, D. M.; SEELEY, J.T.; VOLLARO, D.; MOLINARI, J. Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming. **Science**, v. 346, n. 6211, p. 851–854, 14 nov. 2014.

SCHRIJVER, R.; POPPE, K.; DAHEIM, C. **Precision agriculture and the future of farming in Europe**. Brussels, Europe Union: Europe Parliamentary Research Service, 2016.

TODOROVIC, M.; STEDUTO, P. A GIS for irrigation management. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 28, n. 4–5, p. 163–174, jan. 2003.

TRENBERTH, K. E.; DAI, A.; VAN DER SCHRIER, G. JONES, P. D.;BARICHIVICH, J.; BRIFFA, K. R.; SHEFFIELD, J. Global warming and changes in drought. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 1, p. 17–22, 20 jan. 2014.

ZHANG, D.; STENGER, A.; HAROU, P. A. Policy instruments for developing planted forests: Theory and practices in China, the U.S., Brazil, and France. **Journal of Forest Economics**, v. 21, n. 4, p. 223–237, 2015.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Disponibilidade hídrica para irrigação

#### 2.1.1. Importância da irrigação na segurança alimentar global

A segurança alimentar é um componente importante dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), abordados implicitamente através de seu principal escopo, no objetivo 2 dos ODS (“Fome Zero”) que exige a eliminação da fome até 2030 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Tal aspecto ainda é um grande desafio, uma vez que nas últimas décadas a população global excedeu 7,5 bilhões, (KLEIN GOLDEWIJK; BEUSEN; JANSSEN, 2010) e 700 milhões de pessoas em 76 países ainda são afetados pela fome, colocando imensa pressão sobre a produção de alimentos e recursos hídricos (KARTHIKEYAN; CHAWLA; MISHRA, 2020).

Para garantir a segurança alimentar da população em crescimento e atender a demanda mundial, até 2050 a produção global de alimentos deve aumentar em 50% (CHAKRABORTY et al., 2005; TILMAN et al., 2011). Estudos apontam expansão drástica nas áreas cultivadas e na necessidade de água para irrigação (TILMAN et al., 2011). De 1961 a 2004, o total área cultivada aumentou 2,3 vezes em todo o mundo (ALSTON; BEDDOW; PARDEY, 2009). As áreas de cultivo irrigadas aumentaram de 63 milhões de hectares (MHa) em 1900 a 306 MHa em 2005 em todo o mundo (SIEBERT et al., 2015). A agricultura irrigada representa a maior parte da demanda por água (BONFANTE et al., 2018) e é responsável por cerca de 40% de toda produção agrícola, viabilizando produzir fisicamente, em uma mesma área, até quatro vezes mais que a agricultura de sequeiro (POSTEL, 2000).

Para evidenciar a importância da agricultura irrigada na produção global de alimentos, estudos afirmam que seria necessário expandir a área de sequeiro em cerca de 250 milhões de hectares para se obter uma produção equivalente à produção média adicional que é proveniente de áreas irrigadas (SOJKA; BJORNEBERG; ENTRY, 2017). No entanto, o *status* da segurança alimentar nas regiões irrigadas depende da disponibilidade de água, gestão da água, regras de apropriação da água, acesso à tecnologia e estabilidade política (HICKEY et al., 2012; MUKHERJI et al., 2012; ROSENGRANT; CAI, 2001).

A irrigação é uma técnica que deve ser usada com critério, pois o déficit de água pode resultar em murcha de plantas, o que acaba reduzindo o rendimento das culturas. Por outro lado, o excesso de água também afeta a colheita, devido à falta de ar suficiente para a respiração radicular (afetando a germinação das sementes) (CHEN et al., 2011; WICHELNS; QADIR, 2015), dentre tantos outros danos.

Portanto, dada a crescente demanda por alimentos e as mudanças climáticas, o manejo adequado dos recursos hídricos, por meio de melhorias provisões de irrigação e armazenamento de água, juntamente com variedades de plantas resistentes a alagamento/secas, podem contribuir para práticas agrícolas sustentáveis e manter a segurança alimentar (IAN CARRUTHERS; ROSEGRANT; SECKLER, 1997; KARTHIKEYAN; CHAWLA; MISHRA, 2020; OZDOGAN, 2011), além de trazer contribuições efetivas para o meio ambiente, desenvolvimento social e econômico, com geração de empregos estáveis e duradouros (RODRIGUES, 2019).

Como visto, não existe segurança alimentar sem o uso da irrigação, já que para produzir alimento uma quantidade significativa de água deve ser mobilizada, de modo que a segurança alimentar não pode ser dissociada da segurança hídrica. De uma perspectiva geral, a segurança hídrica pode ser definida como a garantia que os indivíduos tenham acesso seguro à água a um custo acessível para capacitá-los a viver vidas saudáveis e produtivas (FABBRO NETO; GÓMEZ-MARTÍN, 2020).

### 2.1.2. Segurança hídrica no Brasil

De acordo com Parceiros da Água Mundial (PAM) e a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a segurança hídrica tem um custo anual estimado para a economia global de US\$ 500 bilhões, sem levar em consideração os riscos ambientais (SADOFF et al., 2015). Na América do Sul, as secas e as inundações causam enormes prejuízos econômicos, principalmente no Brasil, que apresenta os maiores números (FABBRO NETO; GÓMEZ-MARTÍN, 2020).

Embora o Brasil detenha cerca de 12% da água doce superficial disponível no Planeta, 28% da disponibilidade nas Américas e possua em seu território a maior parte do Aquífero Guarani, a principal reserva de água doce subterrânea da América do Sul, o país tem enfrentado problemas hídricos em várias regiões (RODRIGUES, 2019). Segundo relatório da

(OCDE, 2015), a água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento econômico do Brasil e fonte de conflitos em várias regiões.

O Sistema Integrado de Informação de Desastres, administrado pelo Ministério da Integração, mostrou que 2680 (48%) das 5570 prefeituras do país declararam uma “Situação de Emergência” ou um “Estado de Calamidade Pública” devido à inundações entre 2003 e 2017. Quase 89% dessas cidades estavam localizadas no nordeste, sul e sudeste do país. As secas também são um problema, já que quase 51% dos conselhos municipais brasileiros declararam uma “Situação de Emergência” ou “Estado de Calamidade Pública” relacionada à seca nesse mesmo período. Nesse caso, as regiões mais afetadas foram o Nordeste e o Sudeste. Ano após ano, secas e inundações têm um impacto prejudicial à segurança e à produtividade no Brasil, afetando negativamente o suprimento de água para consumo humano e para os setores de energia, industrial e agrário (PAREDES; BARBOSA; GUEVARA, 2015; VAN DEN MEERSSCHE, 2018). A probabilidade de seca, inundação e outros eventos climáticos extremos no contexto das mudanças climáticas pode levar ao aumento considerável da insegurança hídrica no Brasil, dando origem aos conflitos sobre o controle desse recurso, tensões com relação ao suprimento de energia e escassez de alimentos, bem como aos danos diretos as pessoas e interesses econômicos (STOCKER et al., 2013).

A região Sudeste do Brasil foi acometida nos anos de 2014 e 2015 por uma grave seca, na qual houve expressiva redução no volume de água dos rios da região. Este fato, aliado às fracas políticas de gestão dos recursos hídricos, levou as cidades a enfrentarem uma crise hídrica sem precedentes, o que contribuiu para acentuada redução no abastecimento de água na região (FABBRO NETO; GÓMEZ-MARTÍN, 2020). No entanto, para alguns especialistas, a crise hídrica no Brasil é muito mais sobre a falta de gestão desse recurso do que uma real crise, escassez ou estresse hídrico (CGU, 2018).

O Ministério da Integração do Brasil, por meio da Secretaria de Infraestrutura de Água, e Ministério do Meio Ambiente, por intermédio da Agência Nacional de Águas, estabeleceu uma parceria com o Banco Mundial para coordenar e elaborar o Plano Nacional de Segurança Hídrica, a fim de melhor gerir os recursos hídricos como fator de crescimento e desenvolvimento econômico (OCDE, 2015). O objetivo do estudo é definir as principais intervenções estruturantes e estratégicas de recursos hídricos para todo o país, como barragens, sistemas adutores, canais e eixos de integração necessários para garantir o abastecimento de água para humanos e para uso em atividades produtivas (ANA, 2019). O plano de cobertura nacional leva em consideração os diferentes aspectos climáticos do Brasil e concentra-se em áreas suscetíveis a secas (CGU, 2018; MDR, 2019).

Neste contexto, é importante aprender com os erros do passado e aproveitar o momento para planejar um futuro melhor, que consiste necessariamente em tratar a água como um bem estratégico para o País. Para isto, é preciso integrar a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) com as demais políticas públicas. É fundamental definir as prioridades de uso da água, levando-se em consideração as necessidades nacionais básicas e as especificidades de cada região (RODRIGUES, 2019).

### 2.1.3. Disponibilidade Hídrica do Estado do Espírito Santo

O Brasil é um país de dimensões continentais, com grandes diferenças sociais, ambientais e econômicas, o que faz da gestão hídrica uma atividade muito mais desafiadora. Para tanto, o Brasil foi dividido em 12 regiões hidrográficas, que foram definidas pela Resolução n° 32 n, que servem para fundamentar, orientar, e implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2003). A Região Hidrográfica do Sudeste tem como principal característica social a elevada concentração populacional e presença de indústrias, tendo como principais rios o Paraíba do Sul e o Doce. Neste sentido, estudos ambientais em bacias hidrográficas, tendo como objetivo o uso racional e a preservação dos recursos naturais, são fundamentais para o entendimento dos processos que ocorrem nessas unidades. Uma vez que fazer a gestão igualitária em todo país pode ocasionar conflitos em bacias hidrográficas cuja a disponibilidade hídrica já esteja em estado crítico, a gestão deve considerar as desigualdades hídricas regionais e ter um olhar diferenciado para as bacias hidrográficas críticas, com a disponibilidade hídrica comprometida, assim como onde já é realidade a ocorrência de conflitos pelo uso da água (RODRIGUES, 2019).

Os Comitês de Bacias Hidrográficas são órgãos colegiados da gestão de recursos hídricos, com atribuições de caráter normativo, consultivo e deliberativo e integram o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Possuem representantes do poder público, dos usuários de água e da sociedade civil organizada, são os gestores das bacias hidrográficas. Atualmente, o Estado do Espírito Santo possui 14 comitês. São eles: Itaúnas, São Mateus, Barra Seca e Foz do Rio Doce, Pontões e Lagoas do Rio Doce, Guandu, Santa Joana, Santa Maria do Doce, Litoral Centro-Norte, Santa Maria da Vitória, Jucu, Benevente, Rio Novo, Itapemirim e Itabapoana (AGERH, 2018).

Compreender e avaliar os processos naturais que ocorrem em uma bacia hidrográfica são desafios contínuos para cientistas e engenheiros que frequentemente enfrentam falta de

dados, pois os esforços de monitoramento de longo prazo da bacia hidrográfica são difíceis de manter devido ao seu custo (SANTOS; OLIVEIRA; MAUAD, 2020). O monitoramento ambiental em bacias hidrográficas procura analisar aspectos relevantes que permitam caracterizar as mudanças que ocorrem no uso e ocupação do solo, tornando possível avaliar os efeitos das atividades humanas sobre os ecossistemas (BERTOSSI et al., 2013). O conhecimento sobre a localização e o padrão das áreas com cultivo irrigado é muito importante para o entendimento e compreensão dessas regiões irrigadas, assim como ter embasamento para realizar melhorias nas futuras projeções de irrigação necessária para atender às crescentes demandas alimentares.

Para a gestão da irrigação precisa-se de um olhar holístico, além da propriedade e da área de produção, uma visão macro da bacia hidrográfica, pois o rio é o reflexo do que acontece na bacia como um todo, ou seja, é preciso olhar a bacia de forma mais integrada, considerar estratégias de conservação de água e solo, que vão refletir diretamente na quantidade e na qualidade das águas para irrigação (RODRIGUES, 2019).

Aproximadamente 98% de toda água doce disponível para os múltiplos usos são provenientes de águas subterrâneas (BOUWER, 2002), que são um recurso valioso, que desempenha um papel fundamental na manutenção de ecossistemas terrestres e aquáticos, bem como no bem-estar das civilizações humanas. No entanto, o crescimento populacional e a expansão de terras agrícolas aumentaram a pressão sobre os recursos hídricos subterrâneos, resultando em superexploração e deterioração da qualidade da água (MONDAL; DALAI, 2017; WATTO, 2015).

O Estado do Espírito Santo, com uma extensão de 45.840,25 Km<sup>2</sup>, possui oferta subterrânea em grande parte do território, embora apresente características Geológicas do tipo litotipos que caracterizam basicamente dois tipos de aquíferos: a) 31.492,0 km<sup>2</sup> (68,70 %), do território estão representados por Aquífero Fissural, reconhecidamente de baixo potencial, associado com a baixa qualidade destas águas; b) os 14.348,25 km<sup>2</sup> (31,30%), restantes da área estão representados por Aquíferos Porosos, com produtividades desde muito baixas a médias (SIAGAS, 2011).

Aliado à variabilidade inter-anual de chuvas sazonais que acometem o Estado e as áreas de recarga de águas subterrâneas, pode-se vislumbrar um desafio para as comunidades dispostas nas regiões com estações secas prolongadas que dependem de águas subterrâneas rasas para atender à demanda de água (HUND et al., 2018). Esses desafios provavelmente aumentarão no futuro, tendo em vista o incremento na variabilidade sazonal e interanual de chuvas na América e aumento da demanda de água (BORETTI; ROSA, 2019; VELDKAMP



et al., 2017; WADA et al., 2016). Além disso, a disponibilidade de água doce em termos de qualidade e quantidade será uma questão importante e a falta de infraestrutura para utilizá-la intensificará o uso de água subterrânea, aumentando a dependência pelas mesmas. (ADHIKARI; MOHANASUNDARAM; SHRESTHA, 2020).

A redução dessa disponibilidade está relacionada principalmente à diminuição da infiltração da água no solo, aumentando o escoamento superficial direto, prejudicando o processo de recarga do lençol superficial (OLIVEIRA; SILVA; MELLO, 2020). A infiltração da água é um dos mais importantes processos do ciclo hidrológico, principalmente por ser fundamental para a recarga de aquíferos e por ser afetada pelos usos e manejos a que os solos são submetidos (ADHIKARI; MOHANASUNDARAM; SHRESTHA, 2020; GASPAR; CAMPOS; CADAMURO, 2007).

Estudo realizado por instituições governamentais do Estado do Espírito Santo aponta que a área ocupada com gramíneas é a que apresenta maior representatividade em termos de uso e ocupação do solo com 1.821.069 ha (39,4%) em relação ao total de 4.618.410 ha (SEP; IJSN, 2009). Nesse sentido, é de extrema importância adquirir conhecimento sobre a forragicultura com maior expressão em termos de área no Estado, assim como conhecer a dinâmica de ocupação dessas espécies, formando base de dados, dando subsídio à tomada de decisão e auxiliar no manejo e na conservação das mesmas em busca de uma pecuária responsável com a preservação do solo e dos recursos hídricos e sem prejuízos às atividades antrópicas.

## 2.2. Cobertura do solo com Gramínea

### 2.2.1. Áreas de gramíneas no Brasil

Conhecer as características e propriedades do solo pode melhorar o manejo e o uso das áreas agrícolas (LIMA et al., 2009). No século passado, a opção preferencial era aumentar a produção de alimentos por meio de processos de extensificação (RAY et al., 2013; TILMAN et al., 2011). Ao contrário dos ganhos de produtividade via intensificação sustentável, a abertura de novas áreas agrícolas impactou vários ecossistemas naturais (LAPOLA et al., 2014; TILMAN et al., 2002), reduziu a biodiversidade no planeta (DEFRIES; FOLEY; ASNER, 2009; MCLAUGHLIN; MINEAU, 1995) e consolidou 37% da área como terras agrícolas (FAO, 2015). Atualmente, as áreas com gramíneas destinadas à pecuária são um dos

ecossistemas mais gerenciados no mundo, produzindo folhagem para a alimentação de ruminantes, que por sua vez fornecem fontes proteicas para consumo humano (FAO, 2019) e ocupam 32% do território brasileiro (PARENTE et al., 2019), 190 milhões de hectares, 117 milhões dos quais são utilizados para pecuária extensiva, sustentando 209 milhões de bovinos (JANK et al., 2014).

Nas últimas seis décadas, o Brasil dobrou sua área agrícola (DIAS et al., 2016) e tornou-se o maior produtor mundial de carne bovina e soja (USDA, 2018). Essa extensificação foi responsável por ambos os impactos ambientais, especialmente nos biomas Amazônia (BARONA et al., 2010; VALENTIM; ANDRADE, 2009) e Cerrado (ROCHA et al., 2011; SCARAMUZZA et al., 2017), bem como pelos benefícios sociais e econômicos, que melhoraram a organização da produção e a auto-suficiência nacional na produção de arroz, milho, soja e carne (FAO, 2019).

No entanto, posicionou o setor como um dos principais responsáveis pelas transformações globais da cobertura e uso do solo na segunda metade do século XX (LAMBIN et al., 2001). Assim, o entendimento dessas importantes transformações territoriais requer uma melhor compreensão da dinâmica de ocupação das pastagens brasileiras, pois essas áreas, desde os anos 70, constituem a maior classe de uso da terra no Brasil (IBGE, 2017), é a principal fonte de subsistência de regiões e abrigam o maior rebanho comercial do mundo (DE OLIVEIRA et al., 2018; PAULINO et al., 2011).

### 2.2.2. Suceptibilidade de gramíneas tropicais à variação climática

Entre as áreas utilizadas para a criação de gado, 70% apresentam algum tipo de degradação em estágio avançado (OLIVEIRA et al., 2019). Isso porque o uso do solo nem sempre é gerenciado de acordo com a capacidade do mesmo e sistemas produtivos utilizados não são manejados adequadamente, desencadeando a degradação (PACHECO et al., 2014; VALERA et al., 2016; VALLE JUNIOR et al., 2014). A agricultura extensiva, amplamente praticada em todo o planeta, deixa as áreas de pastagem mais suscetíveis à degradação (FONTE et al., 2014), sendo que as pastagens naturais e plantadas são suscetíveis às variações ambientais (SLOAT et al., 2018).

Dentre as variáveis climáticas, a precipitação, e a temperatura, são os elementos que atuam de maneira mais direta na configuração da natureza. A variabilidade da distribuição

espacial e temporal da precipitação condiciona os ciclos agrícolas além de outras atividades humanas (GONÇALVES; BACK, 2018).

Não obstante dos inúmeros desafios enfrentados pelo setor pecuário, incluindo problemas ambientais, doenças, pressão econômica e disponibilidade de alimentos, ainda é previsto que a produção animal nos países em desenvolvimento continue a sustentar o crescimento futuro da produção mundial de carne. Nessas áreas, o desempenho do gado é geralmente menor do que o obtido na Europa Ocidental e na América do Norte (ROJAS-DOWNING et al., 2017). Embora muitos fatores possam estar envolvidos, os fatores climáticos estão entre os primeiros e cruciais limitantes do desenvolvimento da produção animal em regiões quentes (RENAUDEAU et al., 2012).

Diferentemente dos demais países produtores de carne bovina, no Brasil a produção de ruminantes ocorre predominantemente em pastagens em função de uma série de fatores: disponibilidade de terras, condições climáticas favoráveis à produção de grãos e pastagens e tecnologias para a produção em clima tropical (PEZZOPANE et al., 2019).

Porém, há grandes diferenças climáticas entre os biomas tropicais, fazendo com que o clima seja o principal fator que determina a produção das plantas forrageiras tropicais (PEZZOPANE et al., 2016), já que predomina o cultivo de pastagens em condição de sequeiro, o que as tornam ainda mais suscetíveis as condições do tempo e do clima na produtividade (PEZZOPANE et al., 2019).

A expressão dos potenciais genéticos de crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras tropicais é fortemente influenciada por condições edáficas e climáticas, de cujos componentes destacam-se a fertilidade do solo, a temperatura, a disponibilidade hídrica e a radiação solar, considerados isoladamente ou por múltiplas combinações desses fatores (MORENO et al., 2014; VILLA NOVA et al., 2007). Estudos relacionados ao potencial de uso das forrageiras tropicais nas condições de cultivo da região Sudeste do Brasil, o crescimento vigoroso das forrageiras tropicais, comumente verificado no período de primavera-verão, se alterna com crescimento nulo ou pouco significativo do período de outono inverno, o que determina a estacionalidade da produção de forragem, fato que resulta em marcante influência sobre a produção pecuária (PEZZOPANE et al., 2012).

Assim, estudos agroclimáticos em conjunto das técnicas da agricultura de precisão, uso de tecnologias e práticas agrícolas para o tratamento da variabilidade espacial, com a obtenção e processamento de informações detalhadas e georreferenciadas sobre as áreas de cultivo agrícola, visando a definir estratégias de manejo mais eficientes (BERNARDI et al., 2015; INAMASU1 et al., 2014), vêm sendo realizados a fim de preencher essas lacunas,

considerando a hipótese de que as variáveis climáticas podem ser usadas como um preditor do rendimento de forragem, e sua implementação contribui para a gestão do sistema de produção (INAMASU1 et al., 2014).

Apesar disso, a estimativa de padrões e a quantificação dessas respostas para diferentes condições climáticas no Brasil são limitadas pela escassez de informações. Logo, estudos que visem a adequada consolidação da pecuária brasileira e caracterize as áreas de pastagens como importantes reservas de terra (PARENTE et al., 2017; PARENTE; FERREIRA, 2018), podem estar associadas aos vários serviços ecossistêmicos (ARANTES; FERREIRA; COE, 2016; LINDESKOG et al., 2013), auxiliando na compreensão de seus padrões de ocupação e ajudando na adaptação e mitigação dos impactos do clima (IZAURRALDE et al., 2011) e também a cumprir as metas de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE estabelecidas pelo Brasil no acordo PARIS (BUSTAMANTE et al., 2012; RAONI RAJÃO; BRITALDO SOARES-FILHO, 2015).

### 2.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADHIKARI, R. K.; MOHANASUNDARAM, S.; SHRESTHA, S. Impacts of land-use changes on the groundwater recharge in the Ho Chi Minh city, Vietnam. **Environmental Research**, v. 185, n. February, p. 109440, 2020.

AGERH. **Planos de Bacias Hidrográficas e Enquadramento**. Disponível em: <<https://agerh.es.gov.br/planos-enquadramento>>. Acesso em: 1 jun. 2020.

ALSTON, J. M.; BEDDOW, J. M.; PARDEY, P. G. Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. **Science**, v. 325, n. 5945, p. 1209–1210, 2009.

ANA. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília - DF: Agência Nacional de Águas, 2019.

ARANTES, A. E.; FERREIRA, L. G.; COE, M. T. The seasonal carbon and water balances of the Cerrado environment of Brazil: Past, present, and future influences of land cover and land use. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 117, p. 66–78, 2016.

BARONA, E.; RAMANKUTTY, N.; HYMAN, G.; COOMES, O. T. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, v. 5, n. 2, 2010.

BERTOSSI, A. P. A.; CECÍLIO, R. A.; NEVES, M. A.; GARCIA, G. DE O. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no Sul do Espírito Santo. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 107–117, 2013.

BONFANTE, A.; BASILE, A.; LANGELLA, G.; MANNA, P.; TERRIBILE, F. Soil science solutions for advancing SDG 2 towards resilient agriculture. In: LAL, R.; HORN, R.; KOSAKI, T. (Eds.). **Soil and Sustainable Development Goals**. Stuttgart, Germany: Schweizerbart Science Publishers, 2018. p. 196.

BORETTI, A.; ROSA, L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. **npj Clean Water**, v. 2, n. 1, p. 15, 31 dez. 2019.

BOUWER, H. Integrated Water Management for the 21st Century: Problems and Solutions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 128, n. 4, p. 193–202, ago. 2002.

BRASIL. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/resultados-censo-agro-2017.html>>.

BUSTAMANTE, M. M. C.; NOBRE, C. A.; SMERALDI, R.; AGUIAR, A. P.D.; BARIONI, L. G.; FERREIRA, L. G.; LONGO, K.; MAY, P.; PINTO, A. S.; OMETTO, J.P.H.B. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. **Climatic Change**, v. 115, n. 3–4, p. 559–577, 2012.

CGU. **CGU avalia obras de ampliação da oferta de água no país**. Disponível em: <<https://www.gov.br/cgu/pt-br/assuntos/noticias/2018/03/cgu-avalia-obras-de-ampliacao-da-oferta-de-agua-no-pais>>. Acesso em: 6 jun. 2020.

CHAKRABORTY, M.; MANJUNATH, K. R.; PANIGRAHY, S.; KUNDU, N.; PARIHAR, J. S. Rice crop parameter retrieval using multi-temporal, multi-incidence angle Radarsat SAR data. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 59, n. 5, p. 310–322, 2005.

CHEN, X.; DHUNGEL, J.; BHATTARAI, S. P.; TORABI, M.; PENDERGAST, L.; MIDMORE, D. J. Impact of oxygenation on soil respiration, yield and water use efficiency of three crop species. **Journal of Plant Ecology**, v. 4, n. 4, p. 236–248, 1 dez. 2011.

CARRUTHERS, I.; ROSEGRANT, M. W.; SECKLER, D. Irrigation and food security in the 21st century. **Irrigation and Drainage Systems volume**, v. 11, p. 83–101, 1997.

DE OLIVEIRA, E. R.; SILVA, J. R.; BAUMANN, L. R. F.; MIZIARA, F.; JÚNIOR FERREIRA, L. G.; MERELLES, L. R. DE O.; COUTO, V. R. M. Development of a technological index for the assessment of the beef production systems of the vermelho river basin in Goiás, Brazil. **Pesquisa Operacional**, v. 38, n. 1, p. 117–134, 2018.

DEFRIES, R. S.; FOLEY, J. A.; ASNER, G. P. Balancing human needs and ecosystem function. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, n. 5, p. 249–257, 2009.

DIAS, L. C. P.; PIMENTA, F. M.; SANTOS, A. B.; COSTA, M. H.; LADLE, R. J. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. **Global change biology**, v. 22, n. 8, p. 2887–2903, 2016.

FABBRO NETO, F.; GÓMEZ-MARTÍN, M. B. Water safety plan integrated to the land use and occupation measures: Proposals for Caraguatatuba-SP, Brazil. **Land Use Policy**, v. 97, n. May, p. 104732, set. 2020.

FAO. **FAOSTAT - land use**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 3 jun. 2020.

FAO, F. AND A. O. OF THE U. N. **Food security and nutrition and sustainable agriculture**. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/topics/fooda>>. Acesso em: 1 nov. 2019.

FONTE, S. J.; NESPER, M.; HEGGLIN, D.; VELÁSQUEZ, J. E.; RAMIREZ, B.; RAO, I. M.; BERNASCONI, S. M.; BÜNEMANN, E. K.; FROSSARD, E.; OBERSON, A. Pasture degradation impacts soil phosphorus storage via changes to aggregate-associated soil organic matter in highly weathered tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 68, p. 150–157, jan. 2014.

GASPAR, M. T. P.; CAMPOS, J. E. G.; CADAMURO, A. L. DE M. Condições de infiltração em solos na região de recarga do sistema aquífero Urucuia no oeste da Bahia sob diferentes condições de usos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 3, p. 542–550, 2007.

GONÇALVES, F. N.; BACK, Á. J. Análise da variação espacial e sazonal e de tendências na precipitação da região sul do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 592–602, jul. 2018.

HICKEY, G. M.; PELLETIER, B.; BROWNHILL, L.; KAMAU, G. M.; MAINA, I. N. Preface: Challenges and opportunities for enhancing food security in Kenya. **Food Security**, v. 4, n. 3, p. 333–340, set. 2012.

HUND, S. V.; ALLEN, D. M.; MORILLAS, L.; JOHNSON, M. S. Groundwater recharge indicator as tool for decision makers to increase socio-hydrological resilience to seasonal drought. **Journal of Hydrology**, v. 563, p. 1119–1134, ago. 2018.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. DE C.; NAIME, J. DE M.; DE RESENDE, Á. V.; BASSOI, L. H. Agricultura de Precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do

agronegócio brasileiro. In: BERNARDI, A. C. DE C. et al. (Eds.). . **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: [s.n.]. p. 14–26.

IZAURRALDE, R. C.; THOMSON, A. M.; MORGAN, J. A.; FAY, P. A.; POLLEY, H. W.; HATFIELD, J. L.. Climate impacts on agriculture: Implications for forage and rangeland production. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 2, p. 371–381, 2011.

JANK, L.; BARRIOS, S. C.; DO VALLE, C. B.; SIMEÃO, R. M.; ALVES, G. F. The value of improved pastures to Brazilian beef production. **Crop and Pasture Science**, v. 65, n. 11, p. 1132, 2014.

KARTHIKEYAN, L.; CHAWLA, I.; MISHRA, A. K. A review of remote sensing applications in agriculture for food security: Crop growth and yield, irrigation, and crop losses. **Journal of Hydrology**, v. 586, n. March, p. 124905, 2020.

KLEIN GOLDEWIJK, K.; BEUSEN, A.; JANSSEN, P. Long-term dynamic modeling of global population and built-up area in a spatially explicit way: HYDE 3.1. **Holocene**, v. 20, n. 4, p. 565–573, 2010.

LAMBIN, E. F.; TURNER, B.L.; GEIST, H. J.; AGBOLA, S.B.; ANGELSEN, A.; BRUCE, J. W.; COOMES, O. T.; DIRZO, R.; FISCHER, G.; FOLKE, C.; GEORGE, P.S.; HOMEWOOD, K.; IMBERNON, J.; LEEMANS, R.; LI, X.; MORAN, E.F.; MORTIMORE, M.; RAMAKRISHNAN, P.S.; RICHARDS, J. F.; SKÅNES, H.; STEFFEN, W.; STONE, G. D.; SVEDIN, U.; VELDKAMP, T. A.; VOGEL, C.; XU, J. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global Environmental Change**, v. 11, n. 4, p. 261–269, 2001.

LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E.; NOBRE, C. A.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CARDOSO, M. F.; COSTA, M. H.; JOLY, C. A.; LEITE, C. C.; MOUTINHO, P.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B. B. N.; VIEIRA, I. C. G. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 1, p. 27–35, 20 jan. 2014.

LIMA, J. S. DE S.; SATTLER, M. A.; XAVIER, A. C.; OLIVEIRA, R. B.; DE PASSOS, R. R.; OLIVEIRA, P. C. Variabilidade espacial da textura de um Argissolo Vermelho Amarelo sob cultivo de pastagem e vegetação nativa. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2634–2637, dez. 2009.

LINDESKOG, M.; ARNETH, A.; BONDEAU, A.; WAHA, K.; SEAQUIST, J.; OLIN, S.; SMITH, B. Implications of accounting for land use in simulations of ecosystem carbon cycling in Africa. **Earth System Dynamics**, v. 4, n. 2, p. 385–407, 2013.

MAURYA, R.; KUMAR, S. **Sustainable Utilization of Natural Resources**. Boca Raton, Flórida: CRC Press, 2017.

MCLAUGHLIN, A.; MINEAU, P. The impact of agricultural practices on biodiversity. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 55, n. 3, p. 201–212, out. 1995.

MDR. **Plano Nacional de Segurança Hídrica vai priorizar 114 obras para oferta de água**. Disponível em: <<https://www.mdr.gov.br/ultimas-noticias/5942-plano-nacional-de-seguranca-hidrica-vai-priorizar-114-obras-para-oferta-de-agua>>. Acesso em: 6 jun. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO No 32, de 15 de outubro de 2003**, 2003.

MORENO, L. S. B.; PEDREIRA, C. G. S.; BOOTE, K. J.; ALVES, R. R. Base temperature determination of tropical Panicum spp. grasses and its effects on degree-day-based models. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 186, p. 26–33, mar. 2014.

MUKHERJI, A.; FACON, T.; DE FRAITURE, C.; MOLDEN, D.; CHARTRES, C. Growing more food with less water: how can revitalizing Asia's irrigation help? **Water Policy**, v. 14, n. 3, p. 430–446, 1 jun. 2012.

OCDE. **Governança dos Recursos Hídricos no Brasil**. [s.l.] OECD, 2015.

OLIVEIRA, C. F.; DO VALLE JUNIOR, R. F.; VALERA, C. A.; RODRIGUES, V. S.; SANCHES FERNANDES, L. F.; PACHECO, F. A. L. The modeling of pasture conservation and of its impact on stream water quality using Partial Least Squares-Path Modeling. **Science of The Total Environment**, v. 697, p. 134081, dez. 2019.

OLIVEIRA, A. S. DE; SILVA, A. M. DA; MELLO, C. R. DE. Dinâmica da água em áreas de recarga de nascentes em dois ambientes na Região Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 59–67, jan. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>>. Acesso em: 8 jun. 2020.

OZDOGAN, M. Exploring the potential contribution of irrigation to global agricultural primary productivity. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 25, n. 3, p. n/a-n/a, set. 2011.

PACHECO, F. A. L.; VARANDAS, S.G.P.; SANCHES FERNANDES, L.F.; VALLE JUNIOR, R.F. Soil losses in rural watersheds with environmental land use conflicts. **Science of The Total Environment**, v. 485–486, p. 110–120, jul. 2014.

PAREDES, F. J.; BARBOSA, H.; GUEVARA, E. Análisis espacial y temporal de las sequías en el nordeste de Brasil. **AgriScientia**, v. 32, n. 1, p. 1–14, 2015.



PARENTE, L.; FERREIRA, L.; FARIA, A.; NOGUEIRA, S.; ARAÚJO, F.; TEIXEIRA, L.; HAGEN, S. Monitoring the Brazilian pasturelands: A new mapping approach based on the Landsat 8 spectral and temporal domains. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 62, p. 135–143, out. 2017.

PARENTE, L.; MESQUITA, V.; MIZIARA, F.; BAUMANN, L.; FERREIRA, L. Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing. **Remote Sensing of Environment**, v. 232, n. June, p. 111301, out. 2019.

PARENTE, L.; FERREIRA, L. Assessing the Spatial and Occupation Dynamics of the Brazilian Pasturelands Based on the Automated Classification of MODIS Images from 2000 to 2016. **Remote Sensing**, v. 10, n. 4, p. 606, 14 abr. 2018.

PAULINO, H. B.; DE SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; JUNIOR SMILJANIK, E. Produção e qualidade de forrageiras do gênero *Brachiaria* na região Sudoeste do Estado de Goiás. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 33, n. 4, p. 341–346, 2011.

PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; JESUS JÚNIOR, W. C.; XAVIER, A. C.; CAMPANHARO, W. A.; SPERANDIO, H. V.; GUARIZ, H. R. Zoneamento agroclimático. In: PEZZOPANE, J. et al. (Eds.). **Agrometeorologia: Aplicações Para o Espírito Santo**. 1. ed. Alegre, ES: CAUFES, 2012. p. 99–134.

PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, P. M.; EVANGELISTA, S. R. M.; BOSI, C.; CAVALCANTE, A. C. R.; BETTIOL, G. M.; DE MIRANDA, G. C. A.; PELLEGRINO, G. Q. *Panicum maximum* cv. Tanzânia: climate trends and regional pasture production in Brazil. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 1, p. 104–117, 2016.

PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, P. M.; BOSI, C.; EVANGELISTA, S.; PETRI, C. A.; CUADRAÊ, S. V. **IX Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem**. (O. G. Pereira et al., Eds.) CENÁRIOS FUTUROS DAS PASTAGENS NO BRASIL. **Anais...Viçosa, MG: 2019**

POSTEL, S. **Redesigning irrigated agriculture**. (L. STARKE, Ed.) National irrigation symposium. **Anais...New York: American Society of Agricultural Engineers, 2000**

RAJAO, R.; SOARES-FILHO, B. Policies undermine Brazil's GHG goals. **Science**, v. 350, n. 6260, p. 519–519, 30 out. 2015.

RAY, D. K.; MUELLER, N. D.; WEST, P. C.; FOLEY, J. A. Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. **PLoS ONE**, v. 8, n. 6, p. e66428, 19 jun. 2013.

RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S.; DE BASILIO, V.; GOURDINE, J. L.; COLLIER, R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **animal**, v. 6, n. 05, p. 707–728, 8 maio 2012.

ROCHA, G. F.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Detecção de desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 63, p. 341–349, 2011.

RODRIGUES, L. N. **Artigo: Água para produção de alimento**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/42157533/artigo-agua-para-producao-de-alimento>>. Acesso em: 6 jun. 2020.

ROJAS-DOWNING, M. M.; NEJADHASHEMI, A. P.; HARRIGAN, T.; WOZNICKI, S. A. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. **Climate Risk Management**, v. 16, p. 145–163, 2017.

ROSENGRANT, M. W.; CAI, X. Water scarcity and food security: alternative futures for the 21st century. **Water Science and Technology**, v. 43, n. 4, p. 61–70, 1 fev. 2001.

SADOFF, C. W.; HALL, J. W.; GREY, D.; AERTS, J. C. J. H.; AIT-KADI, M.; BROWN, C.; COX, A.; DADSON, S.; GARRICK, D.; KELMAN, J.; MCCORNICK, P.; RINGLER, C. ROSEGRANT, M.; WHITTINGTON, D.; WIBERG, D. **Securing Water, Sustaining Growth. Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth**. UK: University of Oxford., 2015.

SANTOS, F. M. DOS; DE OLIVEIRA, R. P.; MAUAD, F. F. Evaluating a parsimonious watershed model versus SWAT to estimate streamflow, soil loss and river contamination in two case studies in Tietê river basin, São Paulo, Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 29, n. March 2019, p. 100685, jun. 2020.

SCARAMUZZA, C. A. DE M.; SANO, E. E.; ADAMI, M.; BOLFE, E. L.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; MAURANO, L. E. P.; NARVAES, I. S.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; ROSA, R.; SILVA, E. B.; VALERIANO, D. M.; VICTORIA, D. C.; BAYMA, A. P. OLIVEIRA, G. H.; GUSTAVO, B.-S. Land-use and Land-cover mapping of the Brazilian Cerrado Based ased mainly on Landsat-8 Satellite Images. **Revista Brasileira de Cartografi a**, v. 69, n. 6, p. 1041–1051, 2017.

SEP, S. DE E. DE E. E P.-; IJSN, I. J. DOS S. N.-. **Estudo integrado de uso e ocupação do solo e circulação urbana da Região Metropolitana da Grande Vitória. Relatório 3**. Vitória: Governo do Estado do Espírito Santo, 2009. v. Único

SIAGAS. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. Disponível em: <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar\\_mapa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php)>. Acesso em: 1 jun. 2020.

SIEBERT, S.; KUMMU, M.; PORKKA, M.; DÖLL, P.; RAMANKUTTY, N.; SCANLON, B. R. Historical Irrigation Dataset (HID). **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 19, p. 1521–1545, 2015.

SLOAT, L. L.; SLOAT, L. L.; GERBER, J. S.; SAMBERG, L. H.; SMITH, W. K.; HERRERO, M.; FERREIRA, L. G.; GODDE, C. M.; WEST, P. C. Increasing importance of precipitation variability on global livestock grazing lands. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 3, p. 214–218, 19 mar. 2018.

SOJKA, R. E.; BJORNEBERG, D. L.; ENTRY, J. A. Irrigation: Historical Perspective. In: **Encyclopedia of Soil Science, Third Edition**. [s.l.] CRC Press, 2017. v. 3p. 1264–1268.

SOUSA, S. S.; MOREIRA, S. G.; CASTRO, G. F. DE. Avaliação da fertilidade do solo por Agricultura de Precisão e Convencional. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 1, p. 205–221, 14 jul. 2015.

STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G. K.; TIGNOR, M. M. B.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. Climate change 2013 the physical science basis: Working Group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. **Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, v. 9781107057, p. 1–1535, 2013.

TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, n. 6898, p. 671–677, ago. 2002.

TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, n. 50, p. 20260–20264, 2011.

USDA, U. S. D. OF A. **Data & analysis - livestock and poultry: world markets and trade**. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-andtrade>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S. DE. Tendências e perspectivas da pecuária bovina na amazônia brasileira. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 4, n. 8, p. 7–30, 2009.

VALERA, C. A.; VALLE JUNIOR, R. F.; VARANDAS, S. G. P.; SANCHES FERNANDES, L. F.; PACHECO, F. A. L. The role of environmental land use conflicts in soil fertility: A study on the Uberaba River basin, Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 562, p. 463–473, ago. 2016.

VALLE JUNIOR, R. F.; VARANDAS, S. G. P.; SANCHES FERNANDES, L. F.; PACHECO, F. A. L. Environmental land use conflicts: A threat to soil conservation. **Land Use Policy**, v. 41, p. 172–185, nov. 2014.

VAN DEN MEERSSCHE, D. International Organizations and the Performativity of

Measuring States. **International Organizations Law Review**, v. 15, n. 1, p. 168–201, 1 maio 2018.

VELDKAMP, T. I. E.; WADA, Y.; AERTS, J. C.J. H.; DÖLL, P.; GOSLING, S. N.; LIU, J. MASAKI, Y.; OKI, T.; OSTBERG, S.; POKHREL, Y.; SATOH, Y.; KIM, H.; WARD, P. J. Water scarcity hotspots travel downstream due to human interventions in the 20th and 21st century. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, p. 15697, 15 ago. 2017.

VILLA NOVA, N. A.; TONATO, F.; PEDREIRA, C. G. S.; MEDEIROS, H.; R. D. Método alternativo para cálculo da temperatura base de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 545–549, 2007.

WADA, Y.; FLÖRKE, M.; HANASAKI, N.; EISNER, S.; FISCHER, G.; TRAMBEREND, S.; SATOH, Y.; VAN VLIET, M. T. H.; YILLIA, P.; RINGLER, C.; BUREK, P.; WIBERG, D. Modeling global water use for the 21st century: the Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. **Geoscientific Model Development**, v. 9, n. 1, p. 175–222, 21 jan. 2016.

WATTO, M. A. **The Economics of Groundwater Irrigation in the Indus Basin, Pakistan: Tube-well Adoption, Technical and Irrigation Water Efficiency and Optimal Allocation**. [s.l.] The Economics of Groundwater Irrigation in the Indus Basin, Pakistan: Tube-well 668 Adoption, Technical and Irrigation Water Efficiency and Optimal Allocation, 2015.

WICHELNS, D.; QADIR, M. Achieving sustainable irrigation requires effective management of salts, soil salinity, and shallow groundwater. **Agricultural Water Management**, v. 157, p. 31–38, 2015.

## CAPÍTULO 1: ESPACIALIZAÇÃO DA ÁREA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

### RESUMO

A geração de informações sobre cenário da agricultura irrigada representa importante fonte primária para fiscalização e planejamento na gestão dos recursos hídricos. Desta forma, objetivou-se com o presente estudo quantificar o número de pivôs centrais e sua respectiva área irrigada, estimando o volume de água (em m<sup>3</sup>) necessário ao suprimento da demanda hídrica no Estado do Espírito Santo. Realizou-se fotointerpretação na escala 1:1.000 para identificação dos equipamentos. Com uma série histórica de dados, estimou-se a evapotranspiração potencial mensal (ETP) e em seguida elaborou-se um balanço hídrico. Os dados foram espacializados por *krigagem*, formando doze mapas, garantindo a determinação do valor mensal de déficit ou excedente hídrico (em mm) para cada coordenada, possibilitando a estimativa do volume de água necessário para atendimento da demanda. Foram quantificadas 276 unidades de pivôs centrais, que irrigam uma área próxima a 12.991,76 ha, demandando anualmente em torno de 33.694.344,50 m<sup>3</sup> de água para irrigação. A Macrorregião Norte concentra 80,85% desta área total irrigada no Estado e responde por 89,52% da demanda hídrica, com destaque para o município de Pinheiros. A Interbacia hidrográfica do Rio Itaúnas corresponde a 80,42% da demanda hídrica. Os meses de maio e junho apresentaram maior necessidade de complementação hídrica.

**Palavras-Chave:** irrigação, fotointerpretação, recursos hídricos.

## ABSTRACT

The generation of information on the scenario of irrigated agriculture represents an important primary source for inspection and planning for management of water resources. Thus, the present study aimed to quantify the number of central pivots in the State of Espírito Santo and their respective irrigated area, aiming to estimate the water volume (at m<sup>3</sup>) required to supply water demand in these areas. A 1:1,000 photointerpretation was performed to identify the equipment. With a historical data series potential monthly evapotranspiration (ETP) was estimated and then a water balance was elaborated. The data were spatialized by *krigagem*, forming twelve maps, guaranteeing the determination of the monthly water deficit or surplus (at mm) for each coordinate, making it possible to estimate the volume of water required to meet the demand. A total of 276 central pivot units were quantified, irrigating an area close to 12,991.76 ha, requiring 33,694,344.50 m<sup>3</sup> for irrigation along the year. The Northern Macroregion concentrates 80.85% of this total irrigated area in the State and accounts for 89.52% of water demand, especially the city of Pinheiros. The Interbank Basin of Itaúnas river corresponds to 80.42% of the water demand. In May and June water complementation needs were superior.

**Keywords:** irrigation, photointerpretation, water resources.

## 1. INTRODUÇÃO

A prática da irrigação utiliza um conjunto de técnicas e equipamentos a fim de suprir a deficiência da precipitação, proporcionando teor de umidade adequado ao solo para atender a necessidade hídrica das culturas. Embora o aumento da irrigação resulte em maior uso consuntivo de água (CONAB, 2017), os investimentos neste setor também resultam em aumento substancial da produtividade, diminuindo a pressão pela incorporação de novas áreas para cultivo (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2016; GUIMARÃES; LANDAU, 2014).

Segundo dados dos Censos Agropecuários (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2016), a irrigação brasileira tem crescido anualmente entre 4,4 a 7,3% desde a década de 1960, partindo de 462 mil hectares equipados em 1960, ultrapassando a marca de 3 milhões de hectares na década de 1990. Estima-se que em 2018 foi superada a marca de 6,0 milhões de hectares utilizando a tecnologia de irrigação.

Dentre os diversos sistemas de irrigação, o método de pivô central constitui o principal sistema de irrigação por aspersão no Brasil (CASTIONE et al., 2015), o qual entre os anos de 2000 a 2018 apresentou incremento de 48,0% da área irrigada no país (CSEI/ABIMAQ, 2019). Além disso, houve expansão média de 85 mil ha por ano nos últimos cinco anos e 104 mil ha por ano no último triênio, e ainda se espera que o novo Censo Agropecuário apresente participação ainda maior dos pivôs centrais (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2016). O sistema foi o que mais cresceu no país nos últimos anos (TOLEDO; MORAES, 2018), principalmente em função das várias vantagens, como economia de mão de obra e uniformidade de aplicação (SILVEIRA et al., 2013).

Visto que a irrigação é considerada altamente exigente em termos de volume de água (MANKE et al., 2017), o uso da técnica por pivô central em algumas regiões agrícolas tem gerado alta demanda dos mananciais devido ao grande número de equipamentos instalados, aumentando a preocupação em relação ao meio ambiente (BRAGA; OLIVEIRA, 2005), tornando-se fundamental levantamentos sobre a agricultura irrigada nestas áreas.

O levantamento terrestre é a maneira mais precisa para monitorar a expansão destes sistemas, contudo esta metodologia se torna inviável quando necessários levantamentos frequentes e em grandes áreas (FARG et al., 2017). Desta forma, o sensoriamento remoto surge como uma alternativa ágil e de baixo custo para identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central.

Dentre as várias maneiras para obtenção destas informações via sensoriamento remoto, o emprego do Software Google Earth™ tem se mostrado muito eficaz, pois possui ótima qualidade de imagem, praticidade de uso e vasto potencial de aplicação. No Brasil o programa foi utilizado para levantamento sobre o cenário irrigado por pivôs centrais no Triângulo Mineiro (FERREIRA et al., 2018), nos Estados do Rio Grande do Sul (MARTINS et al., 2016), Minas Gerais (DE FREITAS; ANDRADE, 2017), pela Embrapa para os Estados de Goiás (LANDAU; GUIMARÃES; DOS REIS, 2013), São Paulo (LANDAU et al., 2014), Bahia (GUIMARÃES; LANDAU; SOUZA, 2014) e também pela ANA (2016), que afirma utilizar as imagens para melhor identificação de equipamentos e delimitação de áreas.

Segundo Guimarães e Landau (2014), apesar da existência de tecnologias de sensoriamento remoto, o levantamento de dados sobre pivôs centrais não tem sido realizado por ser um estudo trabalhoso e demorado. O mapeamento das unidades de pivô central já foi realizado em vários Estados, porém não há levantamentos detalhados e atualizados para o Estado do Espírito Santo.

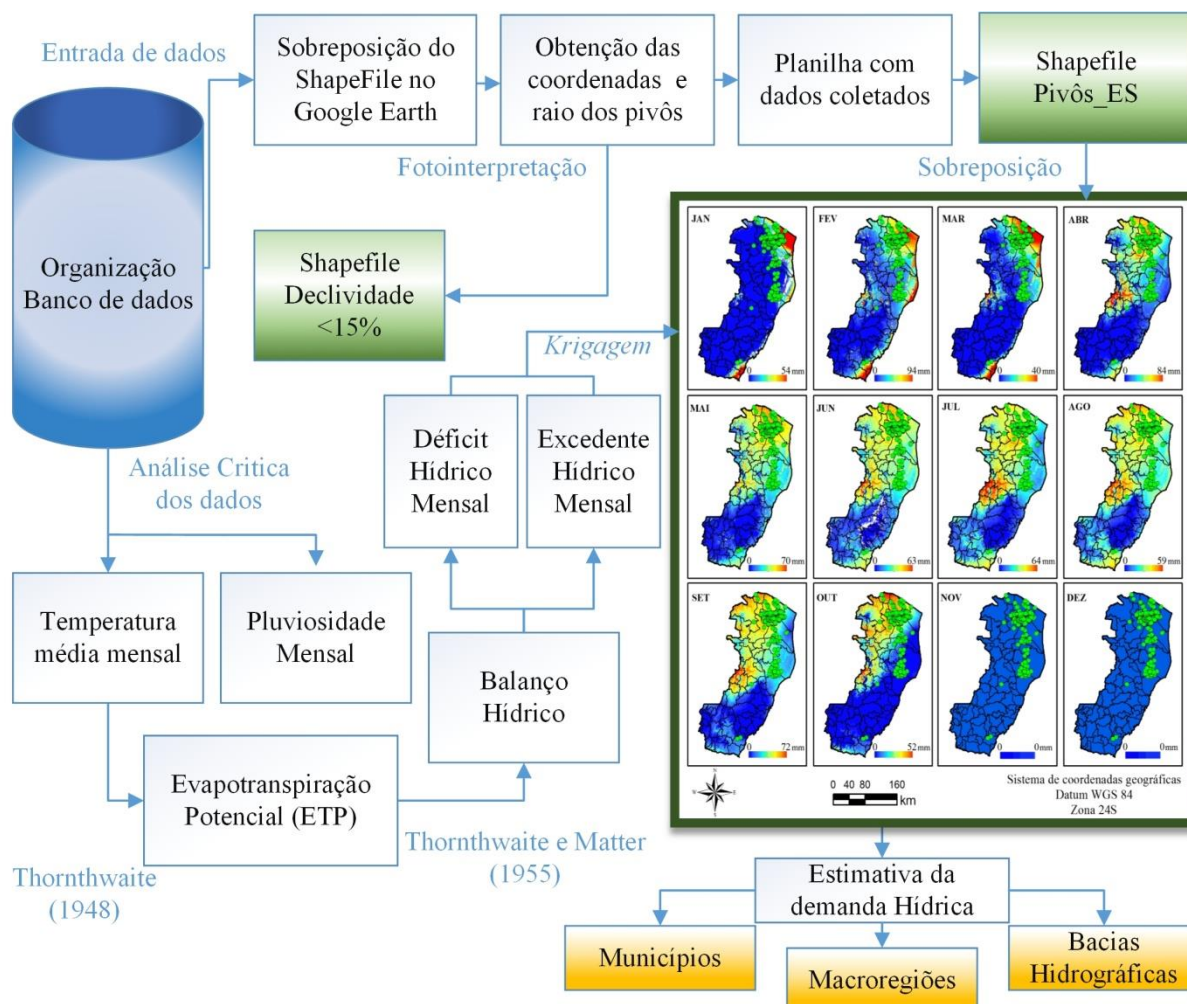
Devido à falta de informações referentes à agricultura irrigada por esta tecnologia no Estado, objetivou-se com esse estudo identificar o número de pivôs centrais, assim como suas respectivas áreas irrigadas e sua demanda hídrica, gerando bases de informações que representarão importante fonte primária para subsidiar a fiscalização, tomada de decisão de estratégias e planejamento do uso dos recursos hídricos.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

A primeira etapa consistiu na obtenção e criação de um banco de dados. Assim, para a melhor compreensão dos processos metodológicos aplicados no estudo, elaborou-se um fluxograma, como demonstrado na Figura 1 e descrito abaixo.

O levantamento da área irrigada por pivô central foi realizado mediante o uso do programa Google Earth™ Pro, na escala de 1:1.000. Para aumentar a precisão da fotointerpretação, foi realizada a sobreposição do arquivo vetorial dos limites municipais e estadual, no formato de arquivo shapefile, sobre a imagem de satélite disponível no programa. Em seguida realizou-se a fotointerpretação em cada município do Estado, coletando o número de pivôs, localização geográfica, seguida da medição do raio de cada equipamento.









**Figura 1.** Etapas metodológicas para obtenção da localização, raio, área irrigada e estimativa da demanda hídrica na irrigação por pivôs centrais para o Estado do Espírito Santo.

Foi elaborada uma chave de fotointerpretação para facilitar a vetorização dos polígonos e melhor definição dos alvos (Tabela 1), seguindo como referência o manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013).

Após a fotointerpretação, os dados obtidos foram lançados em planilha eletrônica onde calculou-se por meio do raio a área de ocupação do equipamento, e para os pivôs que apresentavam forma de semicírculo a área foi dividida pela metade. As coordenadas geográficas (graus, minutos e segundos) foram transformadas em coordenadas geográficas decimais, para posterior importação e plotagem em shapefile, possibilitando confeccionar a distribuição espacial dos pivôs centrais no Estado.

As coordenadas geográficas de localização de cada pivô foram lançadas em arquivo shapefile da divisão de Macroregiões de planejamento e por bacia hidrográfica otto, nível 04, ambos disponibilizados pelo Instituto Jones dos Santos Neves – IJSN (2017), gerando pontos representativos das unidades operacionais.

**Tabela 1.** Chave de fotointerpretação para o levantamento das áreas irrigadas com pivô central nos municípios do Estado do Espírito Santo

Descrição	Imagem	Observação
Imagens aéreas obtidas por satélites. Seguem os padrões de imagens usadas para definir a área ocupada pelo uso de pivô no Estado do Espírito Santo		Áreas com lavoura em pleno estágio produtivo.
		Áreas com lavouras em diferentes estágios fenológicos de crescimento e produção.
		Áreas sem ocupação de cultura, realização de preparo do solo para plantio.
		Áreas com consórcios de culturas diferentes

Para aferir os resultados, as coordenadas dos pivôs foram plotadas em um modelo de declividade do Estado. O modelo criado destacou as áreas com até 15% de desnível, considerado limite para implantação do equipamento (BERNARDO et al., 2019), gerando um novo mapa para demonstração da concentração de pivôs centrais exatamente em regiões de planícies com relevo pouco acidentado.

As imagens aéreas de alta resolução espacial do Google Earth TM Pro forneceram perfeita qualidade visual e, juntamente com sua funcionalidade, permitiram identificar e levantar as áreas irrigadas e a medição dos pivôs com alta precisão, como também relatado por Guidinelle et al. (2016), e demonstrado na Figura 2.

Posteriormente, realizou-se a caracterização mensal da disponibilidade hídrica com dados pluviométricos coletados em postos da Agência Nacional de Águas (ANA) e a estimativa da evapotranspiração potencial a partir de uma série histórica de dados dos últimos

trinta anos (1985 a 2015). Nesta fase foi aplicada uma análise crítica dos dados, com objetivo de encontrar e corrigir falhas para não comprometer os resultados.



**Figura 2.** Amostra dos alvos de pivô central foto interpretados para os municípios do Estado do Espírito Santo. (GOOGLE EARTH, 2017).

A evapotranspiração potencial de referência (ET<sub>o</sub>) foi estimada pelo método empírico de THORNTHWAITE (1948), baseado na temperatura média do ar e nas coordenadas geográficas do local. Este método foi adotado em função da disponibilidade dos dados climáticos e por ter sido desenvolvido para regiões de clima úmido, apresentando boas estimativas para as condições do Estado (CASTRO et al., 2010).

Em seguida, foi elaborado um balanço hídrico agroclimatológico mensal pelo modelo proposto por Thornthwaite e Matter (1955), assumindo-se uma capacidade máxima de armazenamento de água no solo (CAD) igual a 100 mm, gerando um banco de dados das variáveis de déficit e excedente hídrico do solo mensal. Os valores foram interpolados através do método da *Krigagem*, como descrito por Santos et al. (2015) onde se escolheu o modelo com base na metodologia proposta por (XAVIER; CECÍLIO; LIMA, 2010), gerando doze mapas de espacialização contínua em formato shapefile, atribuindo desta forma valores mensais, contínuos e específicos de déficit ou excedente hídrico para cada pixel do mapa.

Realizou-se nestes mapas a sobreposição da localização dos pivôs. De forma manual, procedeu-se a busca de valores de déficit hídrico em cada equipamento, para cada mês. Para valores de excedentes hídricos mensais considerou-se não necessária irrigação (0 mm). Os valores de déficit (em mm) foram extraídos, lançados em planilha eletrônica, multiplicados pela a área de abrangência de seu respectivo pivô (em m<sup>2</sup>), determinando a demanda hídrica.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fotointerpretação possibilitou a obtenção de informações referentes às áreas com pivôs no Estado que estão demonstradas na Tabela 2, constando os municípios que apresentaram equipamentos de pivô central. No mapeamento foram encontrados um total de 276 unidades operacionais, que correspondem ao total de 12.991,76 ha de área irrigada. Essa tecnologia concentra-se em dezesseis municípios (20,51% dos municípios do Estado). As unidades de pivôs variaram em tamanho, de 4,20 ha de área até pivôs de 123,88 ha, apresentando uma média de 47,07 ha por unidade de irrigação e um desvio padrão de 15,80 ha.

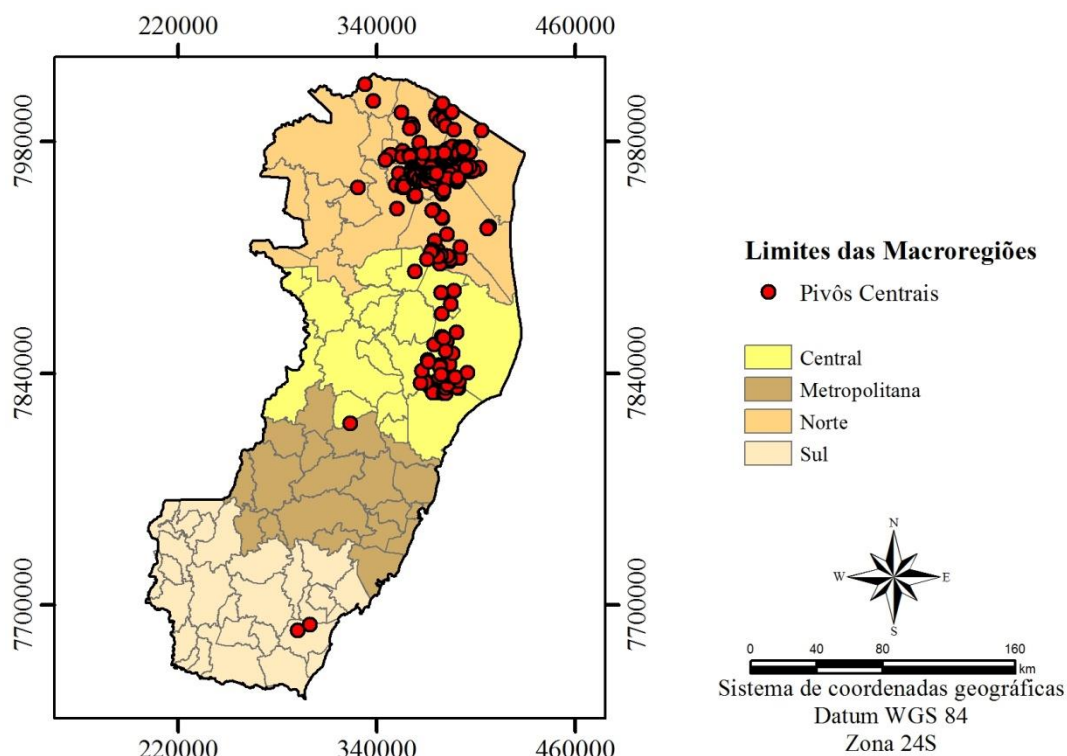
**Tabela 2.** Número de pivôs centrais e sua respectiva área irrigada nos municípios do Estado do Espírito Santo, Brasil.

<b>Município</b>	<b>Pivôs (Unid.)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Tamanho Médio (ha)</b>
Aracruz	15	7.456.473,20	745,65	49,71
Boa Esperança	20	7.746.258,73	774,63	38,73
C. da Barra	02	1.532.368,15	153,24	76,62
Itapemirim	02	1.213.610,00	121,36	60,68
Jaguare	17	5.634.301,04	563,43	33,14
Linhares	26	13.760.867,96	1.376,09	52,93
Montanha	15	7.101.979,34	710,20	47,35
Mucurici	02	1.046.904,86	104,69	52,35
Nova Venécia	01	431.178,38	43,12	43,12
Pedro Canário	06	3.596.020,09	359,60	59,93
Pinheiros	144	68.243.569,74	6.824,36	47,39
Santa Teresa	01	129.207,22	12,92	12,92
São Mateus	18	9.365.669,48	936,57	52,03
Sooretama	04	1.780.168,72	178,02	44,50
Vila Pavão	01	342.493,56	34,25	34,25
Vila Valério	02	790.751,59	79,08	39,54
<b>Total</b>	<b>276</b>	<b>129.917.648,00</b>	<b>12.991,76</b>	<b>47,07</b>

A maior concentração de pivôs centrais ocorre expressivamente na Macrorregião Norte do Estado, que totaliza em torno de 226 equipamentos de pivôs centrais, número que representa 81,88% das unidades operacionais ativas no Estado. Também nesta região obteve-se a maior área irrigada, entorno de 10.504,07 ha, que representa 80,85% das áreas irrigadas por pivôs no Estado.

Cinco municípios localizados na Macrorregião Norte totalizam mais de 77,53% do número de pivôs de todo Estado (214 unidades) e 75,71% da área irrigada pela tecnologia de

pivôs, abrangendo uma área irrigada total próxima de 9.809,1780 ha. Dentre estes municípios, Pinheiros é o que detém o maior número de pivôs e a maior área irrigada, totalizando 144 unidades e 6.824,36 ha de área irrigada, respectivamente. O município é destacado no relatório da Agência Nacional de Águas (2016) como um dos maiores do Estado e com expressividade nacional. O mapa da distribuição regional dos pivôs centrais encontra-se na Figura 3.



**Figura 3.** Distribuição espacial das unidades de pivôs centrais nas macrorregiões de planejamento do Estado do Espírito Santo.

Os demais municípios que se destacam são: Boa Esperança com 20 unidades de pivôs e área irrigada de 774,63 ha; Jaguaré com 17 pivôs centrais e 563,43 ha de área irrigada; São Mateus 18 pivôs centrais e 937 ha de área irrigada e Montanha 15 pivôs centrais e 710 ha de área irrigada. Apesar do Espírito Santo não estar entre os principais Estados brasileiros que possuem as maiores áreas de irrigação por pivôs, a Macrorregião Norte destaca-se com esse sistema de irrigação (SOUSA et al., 2011), devido ao grande número de unidades de equipamento por área.

A região Central do Estado é a segunda maior região em números pivôs e de área irrigada, com 17,03% e 18,31%, respectivamente. Esta detém 47 unidades de pivôs, totalizando 1.633,18 ha de área irrigada. Os municípios com maior expressão são: Linhares

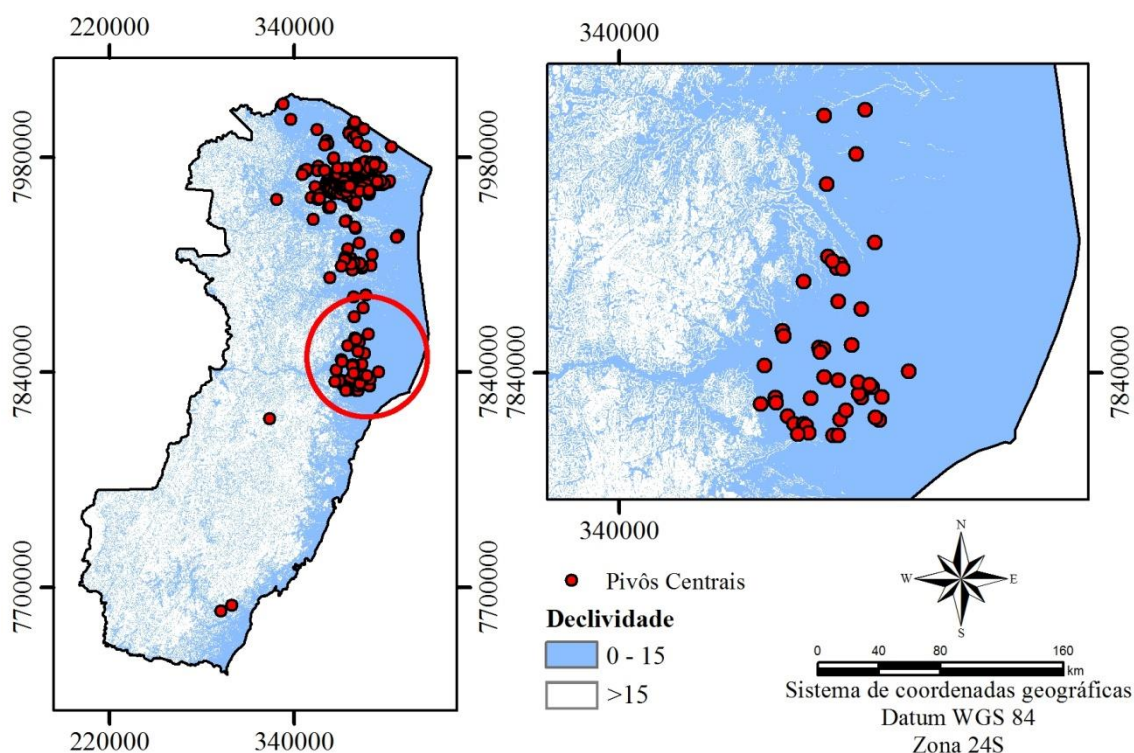


com 26 unidades de pivôs centrais e 1.376,09 ha de área irrigada, e o município de Aracruz com 15 unidades de pivôs e 745,65 ha de área irrigada.

A região metropolitana apresentou uma unidade de pivô no município de Santa Teresa, que abrange área de 12,92 ha. E na região Sul evidenciaram-se 2 unidades de pivôs centrais no município de Itapemirim, que somam uma área irrigada de 121,36 ha. Estas duas regiões juntas representam cerca de 1,08% do número de pivôs e 1,03% da área total irrigada por pivôs centrais no Estado.

Dentre os possíveis fatores que proporcionam a alta concentração de pivôs em regiões específicas do Estado, podemos citar as limitações geográficas e sociais, sendo que grande parte das áreas agriculturáveis estão localizadas em regiões com declividade acima de 15%, limite máximo sugerido para implantação do sistema de irrigação por pivô central, além de não possuírem extensas áreas planas suficientes que justifique tal investimento, pois o custos de implantação diminuem de acordo com o aumento do raio do pivô, sendo o comprimento mais comum de pivô central entre 400 e 600 metros de raio, abrangendo cerca de 50 a 113 ha (BERNARDO et al., 2019).

A representação das unidades de acordo com a declividade do terreno está representada abaixo na Figura 4.



**Figura 4.** Distribuição espacial dos pivôs centrais em função da declividade do terreno no Estado do Espírito Santo.

O fator social está diretamente relacionado à agricultura familiar, que corresponde a 80% dos estabelecimentos agrícolas e representa 52% da área agricultável do Estado, (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2009). Estas localizam-se em áreas de terreno acidentado, em declividades que não permitem maquinários ou automatização de sistemas, havendo o predomínio de mão de obra braçal e sistemas de irrigação que se adaptem a esta situação, como microaspersão. Mesmo em ocasiões de áreas suficientemente planas, muitas das vezes o investimento não é possível ou inviável devido ao alto custo.

Os resultados obtidos neste trabalho não corroboram com os resultados do levantamento realizado pela ANA em 2014, publicado em seu relatório síntese em 2016, sugerindo que tal diferença pode está correlacionada aos aspectos climáticos. O Estado do Espírito Santo desde 2014 vem passando pela maior crise hídrica de sua história, que se agravou e obrigou o racionamento de água em vários municípios capixabas, havendo edição de duas resoluções 005/2015 e 006/2015 pela Agência Estadual de Recursos Hídricos, como alternativas a economizar o escasso recurso.

Segundo Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF, 2015), a Resolução 005/2015 declarou Cenário de Alerta, proibindo a construção de novos poços, captação em poços escavados localizados a menos de 300 metros de um corpo hídrico e a perfuração de poços artesianos, exceto para abastecimento humano. A resolução 006/2015 estabeleceu regras de captação e uso de água em nove municípios, dentre eles Pinheiros, onde houve redução significativa do número de pivôs no atual levantamento. Foi suspensa a captação de água para qualquer outro fim que não fosse o abastecimento humano e animal, e ainda a proibição imediata de irrigação em todo o Estado no período das 5 às 18 horas.

Devido à exigente demanda hídrica necessária para funcionamento do equipamento aliado à escassez do recurso natural, muitos produtores se viram obrigados à desativação ou venda de seus equipamentos, ocasionando diminuição do número de pivôs centrais entre os anos de 2014 a 2017.

Na Tabela 3 encontram-se os resultados da demarcação das unidades de pivôs centrais por bacia hidrográfica, e na Figura 5 a distribuição espacial das unidades de pivôs em cada bacia, seguindo a divisão de Ottobacias Nível 04, proposta pelo Instituto Jones dos Santos Neves.

Verifica-se na Tabela 3 que as 276 unidades de pivôs estão distribuídas em nove das vinte bacias e a maior parte concentra-se nas bacias das Regiões Centrais e Norte. Os maiores índices de irrigação por pivô constataram-se na Interbacia do rio Itaúnas, que atualmente

suporta 191 unidades de pivôs centrais (69,20% do total do Estado), correspondendo a 9.041,16 ha de área irrigada (69,59% da área total irrigada por pivô central no Estado).

**Tabela 3.** Levantamento de pivôs centrais nas Ottobacias Hidrográficas Nível 04 com unidades de pivôs ativos e área irrigada

Nome da Bacia	Área (m <sup>2</sup> )	Nº De Pivôs	Área Irrigada (ha)
Interbacia do rio Itaúnas	442.874,00	191	9.041,16
Bacia do rio São Mateus	823.720,00	14	721,93
Interbacia do rio Barra Seca	348.966,00	28	1.033,60
Interbacia do rio do Norte	68.575,00	00	0,00
Bacia do rio São José	241.848,00	05	276,48
Interbacia do rio Bananal	208.199,00	10	678,40
Bacia do rio Pancas	118.060,00	00	0,00
Interbacia Córrego do Ouro	3.743,00	00	0,00
Bacia do rio Santa Maria do Rio Doce	93.414,00	01	12,92
Interbacia do rio St <sup>a</sup> Joana	187.133,00	00	0,00
Bacia do rio Guandu	214.861,00	00	0,00
Bacia do rio José Pedro	20.222,00	00	0,00
Interbacia do rio Piraquê-Açu	311.708,00	25	1.131,34
Bacia do rio Santa Maria da Vitória	179.960,00	00	0,00
Interbacia do rio Aribiri	3.088,00	00	0,00
Bacia do rio Jucu	214.856,00	00	0,00
Interbacia do rio Benevente	234.887,00	01	21,36
Bacia do rio Itapemirim	984704,00	01	98,47
Interbacia do Córrego S. Salvador	28.231,00	00	0,00
Bacia do rio Itabapoana	267.907,00	00	0,00
Total		276	12.991,76

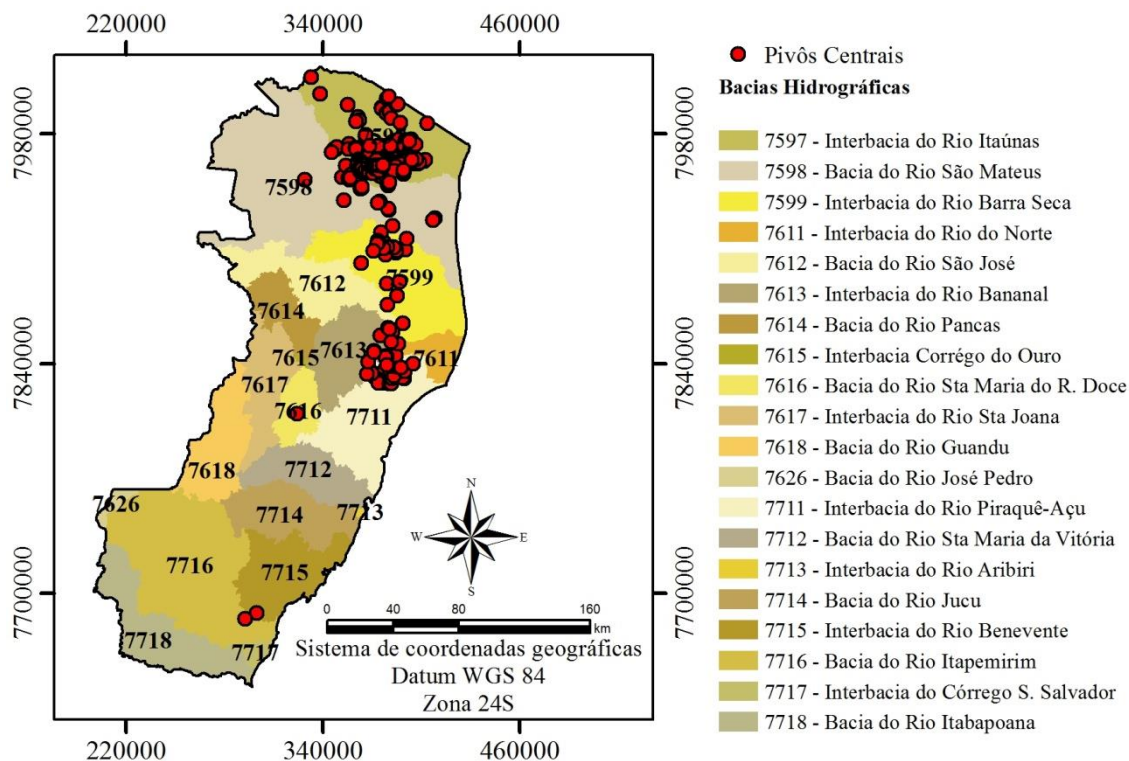
Na Interbacia do rio Barra Seca fotointerpretaram-se 28 pivôs, correspondentes a 10,14% do total do Estado e 1.033,60 ha de área irrigada (7,95% da área total). A Interbacia do rio Piraquê-Açu também destacou-se por possuir menos pivôs centrais que a Interbacia anterior, porém com maior área irrigada por número de pivôs, 25 unidades, correspondendo a 1.131,34 ha de área irrigada, representando 8,70% de área irrigada por pivô e 9,05% de unidades operacionais.

A Bacia do rio São Mateus conta com 14 unidades operacionais de pivôs (5,07% do total de pivôs) e área irrigada de 721,93 ha (5,55% da área do total irrigada por pivôs). Interbacia do rio Bananal 10 pivôs (3,63% das unidades totais no Estado) e área irrigada de 678,40 ha (5,24% da área do total irrigada).

Na bacia do rio São José, há 05 pivôs (1,81% do total no Estado) e área irrigada de 276,48 ha (2,12% da área total irrigada por pivôs). Na bacia do rio Santa Maria do Rio Doce



há um pivô central (0,36% do total no Estado) com 12,92 ha (0,09% da área irrigada por pivô). Na interbacia do rio Benevente encontrou-se um pivô (0,36% do total no Estado) e 21,36 ha (0,16% de área total irrigada por pivôs) e na bacia do rio Itapemirim com também um pivô (0,36%) e área irrigada de 98,47 (0,75% de área).



**Figura 5.** Mapeamento das unidades de pivô central por bacia hidrográfica no Estado do Espírito Santo

A alta concentração de pivôs apenas em uma macrorregião ganhou destaque em boletins da Agência Nacional de Águas, embora o estado do Espírito Santo possua menor número de unidades operacionais de pivôs que algumas unidades federativas, como Rio Grande do Sul com 1.753 unidades (MARTINS et al., 2016), 2.367 em Goiás (LANDAU; GUIMARÃES; DOS REIS, 2013), 2.792 na Bahia (GUIMARÃES; LANDAU; SOUZA, 2014) e 4.432 em Minas Gerais (GUIMARÃES; LANDAU, 2011). Segundo a ANA (2016), o estado do Espírito Santo detém de um dos principais polos nacionais de irrigação por pivôs centrais, o Polo Itaúnas – São Mateus, localizado na Região Hidrográfica do Atlântico Leste, na Sub-bacia de São Mateus e, principalmente, Itaúnas, que desaguam no Oceano Atlântico.

A demarcação destes equipamentos é um importante ponto de partida, pois fornece informações sobre concentração de pivôs centrais em uma determinada região ou bacia hidrográfica, podendo ser usada para investigações aprofundadas sobre estes equipamentos,

além de facilitar monitoramentos periódicos pelos órgãos fiscalizadores e acompanhamento da expansão da área irrigada.

Atualmente, a técnica da irrigação é fundamental para agricultura (RIBEIRO et al., 2018) e os investimentos para adoção de tecnologias de pivôs centrais na Interbacia do Rio Itaúnas confirmam a importância desta técnica para garantir o sucesso da agricultura capixaba. Contudo, estes dados servem de alerta, pois devido à alta concentração de equipamentos por unidade de área (Figura 5) o uso inadequado destes sistemas na irrigação pode promover impactos negativos tanto à agricultura quanto ao meio ambiente (FERREIRA et al., 2018).

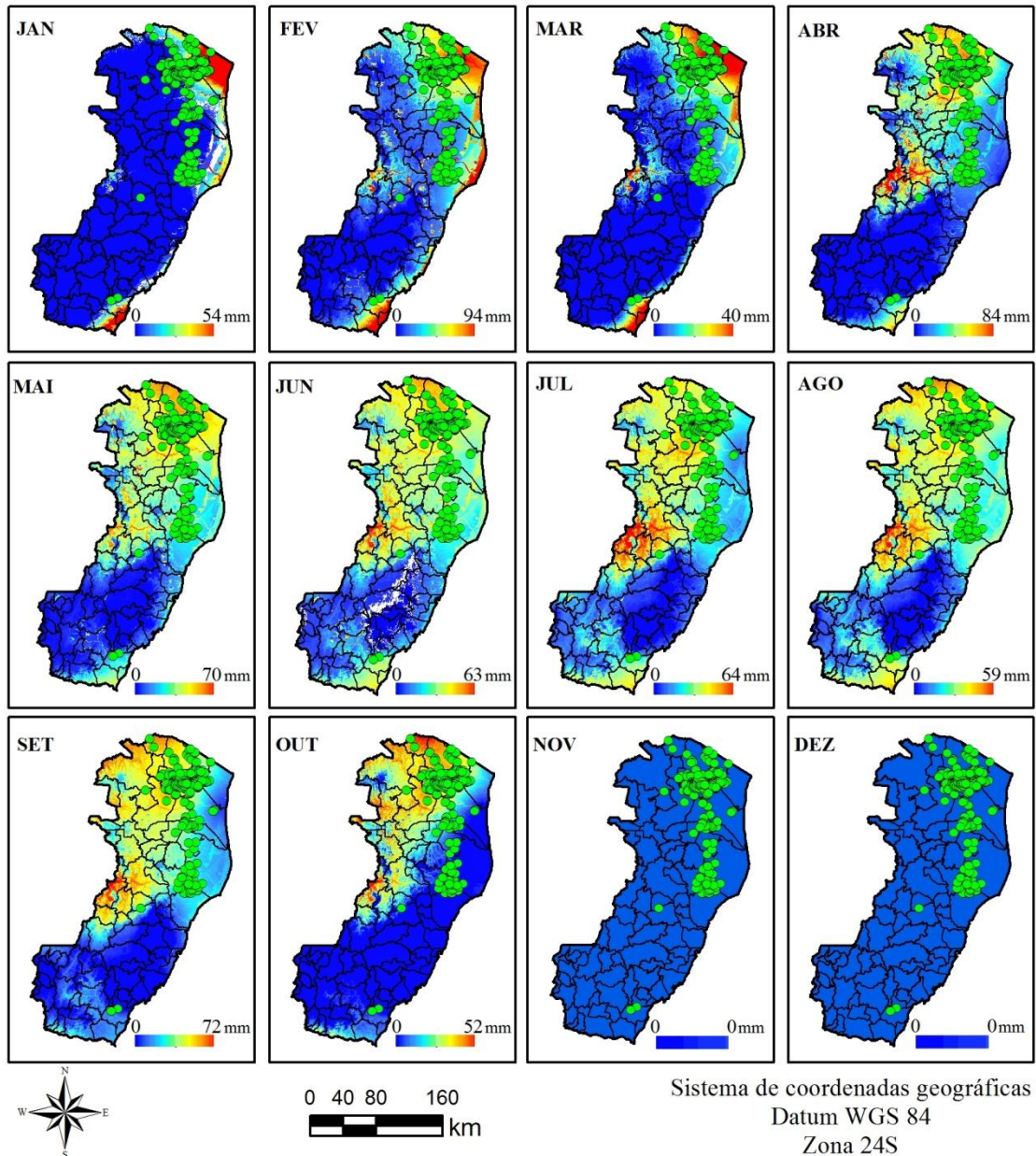
Devido a esta rápida expansão da tecnologia de irrigação por pivôs centrais, critérios técnicos e ambientais devem ser adotados para instalação e uso destes equipamentos. Em função das extensas áreas que podem ocupar, o uso indiscriminado pode ocasionar aumento na demanda hídrica e energética (SANTOS et al., 2010; TURCO; RIZZATTI; PAVANI, 2009). Essa problemática está presente em diversas regiões irrigadas, no Brasil e no mundo. Nos Estados Unidos a tecnologia de pivô central foi muito difundida nos estados de Colorado, Nebraska, Kansas e outros, ocasionando impactos ao meio ambiente (ZHANG et al., 2018).

Neste cenário, para contornar a problemática a adoção de políticas públicas torna-se fundamental para garantir um crescimento sustentável, evitando expansão desordenada e possíveis desequilíbrios ambientais e uso demasiado da água.

A elaboração de leis que preconizem métodos de fiscalização continua pode ser uma alternativa ao aumento da eficiência no uso da água na irrigação. Para isto, seria necessário a exigência na qualidade dos projetos de irrigação, criados a partir de profissionais especializados, visando a atender critérios técnicos para garantir uma eficiência mínima de funcionamento do sistema.

Além disto, torna-se necessário a apresentação de um plano de manejo de irrigação juntamente ao produtor, gerando assim práticas que atuam de forma protetora aos recursos hídricos. O estabelecimento deste tipo de política seria fundamental, pois atualmente no Brasil a maioria dos usuários da agricultura irrigada não adotam qualquer estratégia de manejo de irrigação e, juntamente com os baixos índices de eficiência do sistema, ocasionam uma problemática relacionada ao desperdício de água (BRITO; GOMES; LUDWIG, 2012) e energia. Essa eficiência pode ser averiguada por meio de avaliações de desempenho periódicas.

Para possibilitar o levantamento de informações que ajudem a criar bases de conhecimento sobre a demanda hídrica dos municípios e do Estado do Espírito Santo, foi elaborado um balanço hídrico conforme apresentado na Figura 6.



**Figura 6.** Representação do déficit hídrico mensal para o Estado do Espírito Santo.

Segundo sistema de classificação de Köppen, o Estado apresenta as zonas climáticas A e C, encontrando-se os seguintes subtipos climáticos: Aw, Am, Cf e Cw, e as variações Cfa, Cfb, Cwa e Cwb (LIMA et al., 2016), portanto apresenta considerável variabilidade quanto aspectos climatológicos entre os municípios.

Portanto, os mapas temáticos obtidos pelo método de *krigagem* possibilitaram a espacialização do déficit e excedente hídrico e determinação dos valores em milímetros das variáveis para todo Estado, na qual cada coordenada obteve um valor específico.

Este processo, juntamente com a coleta pontual, possibilitou melhor estimativa da demanda hídrica, obtida pela razão entre o valor do déficit hídrico para a coordenada e área irrigada pelo pivô central, garantindo maior confiabilidade nos dados.

Com as áreas de pivôs delimitadas e o déficit referente à coordenada específica de cada um, obteve-se a demanda hídrica dos equipamentos ao longo dos meses do ano, cujos resultados estão apresentados na Tabela 4.

Constata-se que anualmente são gastos 33.694.340,00 milhões de metros cúbicos de água para atender a demanda hídrica de todos os pivôs do Estado. Os municípios que se destacam com as maiores demandas são: Pinheiros, que corresponde aproximadamente a 60,89% (20.518.385,2 milhões m<sup>3</sup>) da água utilizada por irrigação com pivô central no Estado, seguido por Boa Esperança representando 6,6% (2.246.810,1 milhões m<sup>3</sup>), São Mateus 6,52% (2.197.313,7 milhões m<sup>3</sup>), Montanha 6,43% (2.169.369,7 milhões m<sup>3</sup>) e Linhares 5,46% (1.841.267,5 milhões m<sup>3</sup>). Os demais municípios somados representam 14,01% do volume total totalizando 4.721.198,32 milhões de m<sup>3</sup> (Tabela 4).

Os meses de maio, junho e setembro apresentaram maior demanda hídrica (5.527,10, 4.281,96 e 4.277,30 milhões m<sup>3</sup>), característica do inverno seco que predomina no Estado. Os meses de novembro e dezembro apresentam menor demanda devido ao verão chuvoso, onde os índices pluviométricos mensais são maiores que os valores da ETP, não havendo déficit hídrico.

Em relação à distribuição da demanda por macrorregiões, conclui-se que a macrorregião norte é responsável por mais de 30.165.096,51 milhões de m<sup>3</sup> da demanda hídrica dos pivôs centrais, seguida pela região central 3.289.045,13 milhões de m<sup>3</sup>, região sul 213.586,17 milhares de m<sup>3</sup> e, por fim, a região metropolitana total 26.616,69 milhares de m<sup>3</sup>.

Devido à crise hídrica em alguns estados brasileiros, a adequada gestão dos recursos hídricos tornou-se fundamental, sendo necessário para seu correto gerenciamento o conhecimento da disponibilidade e demanda hídrica de cada região (MANKE et al., 2017). Assim, efetuou-se também a quantificação da demanda hídrica dos pivôs centrais por bacia hidrográfica, sendo que os resultados estão dispostos na Tabela 5. A Interbacia do Rio Itaúnas destacou-se pela maior demanda anual, de 27.099.033,4 milhões m<sup>3</sup> de água, um equivalente à 80,42% da demanda total do Estado.

**Tabela 4.** Demanda hídrica (m<sup>3</sup>.10<sup>3</sup>) dos pivôs centrais para cada município em função da ETP ao longo do ano.

ID	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
01	19,99	155,27	14,82	71,50	188,69	165,17	126,33	161,77	151,82	0,00	00,0	0,00	1.055,35
02	12,08	215,86	77,22	227,41	358,04	280,18	263,90	262,73	328,55	220,83	0,00	0,00	2.246,81
03	32,18	78,58	35,68	33,71	70,49	47,50	28,68	42,91	34,81	27,58	0,00	0,00	432,13
04	6,71	61,60	10,45	12,26	26,01	31,98	22,60	31,34	8,42	2,24	0,00	0,00	213,59
05	0,53	75,34	23,96	78,49	180,55	149,26	133,43	144,34	144,31	43,15	0,00	0,00	973,37
06	1,65	171,95	31,33	158,96	348,20	321,26	239,69	277,39	289,46	1,36	0,00	0,00	1.841,27
07	22,54	242,47	125,89	215,76	355,89	282,08	194,52	242,43	275,40	212,39	0,00	0,00	2.169,37
08	1,66	27,22	11,21	28,57	48,47	39,04	31,71	40,40	49,08	35,16	0,00	0,00	312,53
09	0,00	9,05	3,02	12,50	18,54	14,66	15,52	15,09	18,54	12,50	0,00	0,00	119,44
10	36,38	145,73	85,37	105,44	180,19	133,61	86,08	128,72	124,24	100,12	0,00	0,00	1.125,89
11	466,58	2.738,27	1.102,42	2.016,76	3.275,75	2.455,59	1.926,70	2.198,78	2.495,72	1.841,81	0,00	0,00	20.518,39
12	0,00	1,16	0,00	2,71	3,62	3,88	4,26	4,52	5,04	1,42	0,00	0,00	26,62
13	40,27	266,35	83,67	202,94	389,29	281,29	235,87	269,61	275,22	152,81	0,00	0,00	2.197,31
14	0,00	12,28	8,76	17,27	45,88	43,98	32,44	38,76	39,56	2,67	0,00	0,00	241,61
15	0,00	2,74	0,69	5,14	10,96	9,93	9,59	9,59	13,01	8,22	0,00	0,00	69,87
16	0,00	8,77	2,40	12,68	26,53	22,55	21,76	22,55	24,11	9,49	0,00	0,00	150,82
<b>Total</b>	<b>640,57</b>	<b>4.212,66</b>	<b>1.616,87</b>	<b>3.202,09</b>	<b>5.527,10</b>	<b>4.281,96</b>	<b>3.373,11</b>	<b>3.890,93</b>	<b>4.277,30</b>	<b>2.671,77</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>33.694,34</b>

01-Aracruz; 02- Boa Esperança; 03-Conceição da Barra; 04-Itapemirim; 05-Jaguaré; 06-Linhares; 07-Montanha; 08-Mucurici; 09-Nova Venécia; 10-Pedro Canário; 11-Pinheiros; 12-Santa Teresa; 13-São Mateus; 14-Sooretama; 15-Vila Pavão; 16-Vila Valério.

**Tabela 5.** Demanda hídrica por bacia hidrográfica, divisão otto nível 04.

<b>Bacia hidrográfica</b>	<b>Demanda hídrica (m<sup>3</sup>.10<sup>3</sup>)</b>
Interbacia do Rio Itaúnas	27.099,03
Bacia do Rio São Mateus	1.726,80
Interbacia do Rio Barra Seca	1.771,47
Bacia do Rio São José	332,10
Interbacia do Rio Bananal	997,16
Bacia do Rio Santa Maria do Rio Doce	26,62
Interbacia do Rio Piraquê-Açu	1.527,57
Interbacia do Rio Benevente	24,13
Bacia do Rio Itapemirim	189,46
<b>Total</b>	<b>33.694,34</b>

Devido à falta de estudos relacionados ao aspecto hídrico no Estado, acredita-se que a estimativa de demanda hídrica e a obtenção da localização geográfica dos pivôs surjam como uma base de informações primárias que servirão como suporte para novas pesquisas e investigações sobre agricultura irrigada, contribuindo assim para o crescimento sustentável de toda região.

#### 4. CONCLUSÕES

O Estado do Espírito Santo possui 276 unidades de pivôs ativas que correspondem a uma área irrigada de 12.991,76 ha.

A Macrorregião Norte é a que possui a maior concentração de pivôs centrais, com 214 pivôs, que representa 77,53% do total do Estado, totalizando uma área de 10.504,07 ha que corresponde a 80,85% da área irrigada por pivô no Estado.

O município de Pinheiros concentra o maior número de pivôs centrais e de área irrigada, 144 unidades e 6.824,36 ha.

Entre as bacias hidrográficas, a Interbacia do Rio Itaúnas é a que possui mais pivôs e área irrigada, 191 unidades e 9.041,16 ha, respectivamente.

Os meses de maio e junho apresentaram maior necessidade de complementação hídrica, em torno de 1/3 da demanda anual.

A utilização do Google Earth possibilitou alta qualidade e precisão na fotointerpretação, sendo uma ótima ferramenta para mapeamento de novas áreas e elaboração de dados referentes a agricultura irrigada no país.

As técnicas descritas neste trabalho podem ser aplicadas para qualquer região, para novas investigações do cenário da agricultura irrigada, auxiliando a gestão dos recursos hídricos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Levantamento Da Agricultura Irrigada Por Pivôs Centrais No Brasil - 2014: Relatório Síntese**. BRasília, DF: [s.n.].

BERNARDO, S. et al. **Manual de Irrigação**. 9. ed. Viçosa, MG: UFV, 2019.

BRAGA, A. L.; OLIVEIRA, J. C. DE. **Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens CCD/CBERS**. (INPE, Ed.)XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...Goiânia, GO: 2005**Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2005/02.12.16.31/doc/@sumario.htm>>

BRITO, R. R. DE; GOMES, E. R.; LUDWIG, R. **USO DA ÁGUA NA IRRIGAÇÃO. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 2, p. 373–383, 2012.

CASTIONE, G. A. F.; SOUZA, Z. M.; SILVA, R. B.; CAMPOS, M. C. C.; DA CUNHA, O. M. Variabilidade espacial da textura do solo em área irrigada por pivô central em diferentes posições na paisagem. **Revista Agro@Mambiente on-Line**, v. 9, n. 3, p. 219, 2015.

CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; XAVIER, A. C. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 871–880, 2010.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de Grãos**. BRasília, DF: [s.n.]. v. 5

CSEI/ABIMAQ. **Atualização da área irrigada no Brasil**. Disponível em: <<http://www.abimaq.org.br/site.aspx/detalhes-imprensa-ultimos-releases?codNoticia=56p7vjbz2I=.>>. Acesso em: 15 maio. 2019.

DE FREITAS, E. P.; ANDRADE, W. A. DE. The center pivot irrigation in Minas Gerais State, Brazil, under the optics of Google Earth. **IRRIGA**, v. 22, n. 2, p. 249–258, 18 jun. 2018.

FARG, E.; ARAFAT, S.; ABD EL-WAHED, M. S.; EL-GINDY, A.. Evaluation of water distribution under pivot irrigation systems using remote sensing imagery in eastern Nile delta. **Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, v. 20, p. S13–S19, 2017.



FERREIRA, D. S.; RIBEIRO, W. R.; GONÇALVES, M. S.; PINHEIRO, A. A.; SALES, R. A. REIS, E. F. Cenário Da Área Irrigada Por Pivô Central No Triângulo Mineiro, No Estado De Minas Gerais, Brasil. **Nativa**, v. 6, n. 6, p. 613, 2018.

GOOGLE EARTH. **No Title**Google, , 2017.

GUIDINELLE, R. B.; ZACARIAS, A. J.; PEREIRA, I. M.; FERRO, O. D. A.; FERRARI, J. L. Área Irrigada Por Pivô Central Na Microrregião Noroeste Ii, Espírito Santo. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 195, 2016.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Mapeamento de Áreas Irrigadas por Pivôs Centrais no Estado de Minas Gerais**. Sete Lagoas, MG: [s.n.]. v. 40

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil em 2013**. Sete Lagoas, MG: [s.n.].

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; SOUZA, D. L. DE. **Irrigação por Pivôs Centrais no Estado da Bahia - Brasil**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2014.

IBGE, I. B. DE G. E E. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro, Brazil: [s.n.].

IDAF. **No Title**. Disponível em: <<https://www.es.gov.br/Notícia/cenario-de-alerta-no-es-devido-a-pior-crise-hidrica-da-historia>>. Acesso em: 18 maio. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo agropecuário 2006**. Brasília: [s.n.].

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES - IJSN. **Base de dados**. Disponível em: <[http://www.ijsn.es.gov.br/publicacoes/arquivo-de-dados?layout=isotope3:custom&types\[0\]=1](http://www.ijsn.es.gov.br/publicacoes/arquivo-de-dados?layout=isotope3:custom&types[0]=1)>. Acesso em: 11 jul. 2018.

LANDAU; GUIMARÃES; DOS REIS. **Mapeamento Das Áreas Irrigadas Por Pivôs Centrais No Estado De Goiás - Brasil**. (ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Ed.)XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...**Bento Gonçalves, RS: 2013Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/xxsbrh>>

LIMA, J. S. DE S.; SILVA, S. A.; BERNARDES, P. M.; FONSECA, A. S.; PEREIRA, J. M. S. Variabilidade Espacial Dos Percentis 75 Da Precipitação Pluvial Mensal No Estado Do Espírito Santo. **Revista Engenharia Na Agricultura**, v. 24, n. 5, p. 393–405, 2016.

MANKE, E. B.; FARIA, L. C.; PEREIRA, M. G.; NÖRENBERG, B. G.; CALDEIRA, T. L.; OLIVEIRA, H. F. E. D. Identificação de áreas irrigadas por pivô central e linear móvel no Estado do Rio Grande do Sul. **IRRIGA**, v. 22, n. 2, p. 343–352, 20 jul. 2017.



MARTINS, J. D.; BOHRZ, I. S.; TURA, E. F.; FREDRICH, M.; VERONEZ, R. P.; KUNZ, G.A. Levantamento da área irrigada por pivô central no Estado do Rio Grande do Sul. **IRRIGA**, v. 21, n. 2, p. 300, 18 jun. 2018.

RIBEIRO, W.; GONÇALVES, M.; PINHEIRO, A.; CAPELINI, V.; FERREIRA, D.; REIS, E. Limitation of Relative Transpiration and Growth of Arabic Coffee in Response to Water Deficit. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 24, n. 1, p. 1–12, 2018.

SANTOS, C.; LORITE, I. J.; TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; FERERES, E. Performance assessment of an irrigation scheme using indicators determined with remote sensing techniques. **Irrigation Science**, v. 28, n. 6, p. 461–477, 2010.

SILVEIRA, J. M. DE C.; LIMA JÚNIOR, S. D.; SAKAI, E.; MATSURA, E. E.; PIRES, R. C. D. M.; ROCHA, A. M. Identificação de áreas irrigadas por pivô central na Sub-Bacia Tambaú-Verde utilizando imagens CCD/CBERS. **IRRIGA**, v. 18, n. 4, p. 721, 9 dez. 2013.

SOUSA, M. B. A. D.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, J. G. F. D.; VICENTE, M. R.; VIEIRA, G. H. S. Nota Técnica: Análise técnica da cafeicultura irrigada por pivô central no Norte do Espírito Santo e extremo Sul da Bahia. **REVISTA ENGENHARIA NA AGRICULTURA - REVENG**, v. 19, n. 5, p. 450–458, 28 out. 2011.

THORNTHWAITE, C. W. An Approach toward a Rational Classification of Climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55–94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **Water Balance**. New Jersey: Publications in climatology, 1955.

TOLEDO, C. E.; MORAES, E. E. Levantamento e atualização dos sistemas de irrigação por pivô central instalados nos municípios de Paraúna e Palmeiras de Goiás. **REVISTA ENGENHARIA NA AGRICULTURA - REVENG**, v. 26, n. 3, p. 277–283, 29 jun. 2018.

TURCO, J. E. P.; RIZZATTI, G. DOS S.; PAVANI, L. C. Custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, afetado pelo manejo da irrigação e sistemas de cultivo. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 2, p. 311–320, jun. 2009.

XAVIER, A. C.; CECÍLIO, R. A.; LIMA, J. S. DE S. Módulos em matlab para interpolação espacial pelo método de Krigagem Ordinária e do inverso da distância. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 62, n. 1, p. 67–76, 2010.

ZHANG, C.; YUE, P.; DI, L.; WU, Z. Automatic Identification of Center Pivot Irrigation Systems from Landsat Images Using Convolutional Neural Networks. **Agriculture (Switzerland)**, v. 8, n. 10, 2018.

## CAPÍTULO 2: ZONEAMENTO EDAFOCLIMÁTICO DE GRAMÍNEAS TROPICAIS PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

### RESUMO

O uso de tecnologias de espécies forrageiras de maior potencial produtivo aumenta a produção animal principalmente quando inseridas em áreas edafoclimáticas favoráveis a seu crescimento e desenvolvimento. Porém, cada espécie possui particularidades e o estabelecimento em zonas aptas, via Zoneamento Edafoclimático, melhoram o rendimento e a qualidade. Neste contexto, objetiva-se avaliar o zoneamento edafoclimático de gramíneas tropicais (*Brachiaria brizantha*, *Cynodon dactylon*, *Panicum maximum* e *Pennisetum purpureum*) para o estado do Espírito Santo, o efeito da estacionalidade em duas épocas do ano e a distribuição das classes de aptidões, restrições e inaptidões nos 78 municípios do Estado do Espírito Santo, localizado na região Sudeste do Brasil. As etapas metodológicas implementadas foram: Geração do banco de dados; Realização da interpolação espacial por krigagem esférica; realização da reclassificação e zoneamento edafoclimáticos; realização da vetorização espacial para o zoneamento edafoclimático; realização do zoneamento edafoclimático para 78 municípios. O Estado do Espírito Santo possui maior aptidão à espécie *Cynodon*, seguida de *Panicum*, *Brachiaria* e *Pennisetum*. A estacionalidade produtiva provocada pelos fatores climáticos compele as autoridades e produtores a traçar um plano de manejo do sistema produtivo ao longo do ano, principalmente com a implantação de sistemas de irrigação eficientes e bem executados, tanto na escassez hídrica da estação seca como nos veranicos da estação chuvosa.

**Palavras-Chave:** *Brachiaria*, *Cynodon*, *Panicum*, *Pennisetum*, Sistema de Informação Geográfica.

## ABSTRACT

The use of forage species technologies with greater productive potential increases animal production, especially when inserted in edaphoclimatic areas favorable to their growth and development. However, each species has particularities and the establishment in suitable areas, via Edaphoclimatic Zoning, improves yield and quality. In this context, the objective is to evaluate the edaphoclimatic zoning of tropical grasses (*Brachiaria brizantha*, *Cynodon dactylon*, *Panicum maximum* and *Pennisetum purpureum*) for the state of Espírito Santo, the effect of seasonality in two seasons, and the distribution of skills classes of , restrictions and disabilities in the 78 cities of the State. The study was carried out in the State of Espírito Santo located in the Southeast region of Brazil. The methodological steps implemented were: generation of the database; performing spatial interpolation by spherical kriging; reclassification and edaphoclimatic zoning; spatial vectorization for edaphoclimatic zoning; edaphoclimatic zoning for 78 cities. The state of Espírito Santo has the greatest aptitude for the *Cynodon* species, followed by *Panicum*, *Brachiaria* and *Pennisetum*. The productive seasonality caused by climatic factors compels the authorities and producers that it is necessary to draw up a management plan for the production system throughout the year, mainly with the implementation of efficient and well-executed irrigation systems, both in the dry season and at summeryof the rainy season.

**Keywords:** *Brachiaria*, *Cynodon*, *Panicum*, *Pennisetum*, Geographic Information System

## 1. INTRODUÇÃO

As metas sustentáveis de segurança alimentar estão diretamente relacionadas à produção pecuária (PARENTE et al., 2017). Nas últimas seis décadas, o Brasil dobrou sua área agrícola (DIAS et al., 2016) e tornou-se o maior produtor mundial de carne bovina e soja (USDA, 2018). Essa extensificação foi responsável por ambos os impactos ambientais, especialmente nos biomas Amazônia (BARONA et al., 2010; VALENTIM; ANDRADE, 2009) e Cerrado (ROCHA et al., 2011; SCARAMUZZA et al., 2017).

O entendimento dessas importantes transformações territoriais requer uma melhor compreensão da dinâmica de ocupação das pastagens brasileiras (PARENTE et al., 2019), pois essas áreas constituem, desde os anos 70, a maior classe de uso da terra no Brasil (IBGE, 2017), com 211 milhões de hectares ocupados por gramíneas forrageiras (SPAROVEK et al., 2011) e maior rebanho comercial do mundo (DE OLIVEIRA et al., 2018; PAULINO et al., 2011), em torno de 220 milhões de cabeças (CNA, 2017). Segundo a FAO (2010), o Brasil é o país com maior potencial para atender 70% da demanda global de alimentos até 2050.

Os setores agrícola e pecuário também tem importância fundamental para a redução das desigualdades sociais e regionais no Estado do Espírito Santo, sendo um dos principais geradores de fonte de emprego e renda para a maioria dos municípios capixabas, mantendo sua importância socioeconômica graças ao aumento de produtividade e responsabilidade pela segurança alimentar (GALEANO et al., 2017). As áreas de gramíneas no Estado ocupam 1,8 milhões de hectares, com um rebanho bovino de 1,6 milhões de cabeças e produção de 379 milhões de litros de leite, contribuindo com 9,3% do PIB do Estado (IBGE, 2017; SAFRA, 2019).

No entanto, os resultados de produção de leite/carne a pasto no Brasil são muito modestos, apenas um terço da capacidade de produção (STRASSBURG et al., 2014). Cerca de 85% das propriedades brasileiras são manejadas em sistemas extensivos com baixa produtividade (DIAS-FILHO, 2014), com taxa média de lotação abaixo de um animal por hectare, representando uma perda potencial de mais de US\$ 10 bilhões em valor de carne bovina (OLIVEIRA, 2015).

Cerca de 70% do total das áreas ocupadas por gramíneas no país estão degradadas (DIAS-FILHO, 2014), fornecendo baixo retorno econômico aos agricultores (WALKER; MORAN; ANSELIN, 2000). Para aumentar o potencial produtivo dessas áreas, o uso de tecnologias e de espécies de forrageiras com maior potencial de produção é essencial para

reverter algumas situações de degradação e de baixa lotação animal por hectare (LOPES et al., 2016). Logo, a escolha por forrageiras perenes com alto potencial produtivo é de extrema importância, como as cultivares de *Brachiaria brizantha*, *Cynodon dactylon*, *Panicum maximum* e *Pennisetum purpureum* (MISTURA et al., 2006).

No entanto, cada gênero ou espécie de gramínea possui particularidades, apresentando diferentes respostas de desenvolvimento, produção e qualidade em função das condições climáticas. A escolha da planta forrageira a ser implantada numa determinada região deve ser avaliada com extrema atenção, levando em consideração a sua resposta em relação a fatores como temperatura, luminosidade (fotoperíodo e qualidade da luz) e precipitação pluvial, que afetam diretamente características de grande importância, principalmente em regiões de clima seco e baixos índices pluviométricos.

Para tanto, a FAO (1997) recomenda o estabelecimento em zonas ótimas, onde o Zoneamento Edafoclimático é necessário, consistindo em analisar as unidades de solo e clima (temperatura e precipitação), e os requisitos bioclimáticos da planta, melhorando assim seu rendimento e qualidade.

No Brasil, 60% da área total ocupadas com gramíneas são cultivadas dentro da zona intertropical (IBGE, 2006), a maior parte sob condições de sequeiro, o que aumenta o efeito potencial das condições climáticas na produção de forragem (PEZZOPANE et al., 2016). Isso as tornam altamente dependentes das condições climáticas sazonais, em que a quantidade, o tempo e a distribuição das chuvas são fatores decisivos na variabilidade sazonal e anual do crescimento dessas plantas (CHAPMAN et al., 2009).

Em condições de baixos índices pluviométricos ocorre um impacto substancial nas finanças das propriedades, devido às baixas taxas de crescimento das pastagens, reduzindo assim a ingestão dessas pelos animais, levando a maior dependência por alimentos comprados (grãos, concentrados, feno e silagem), o que eleva os custos de produção nesses períodos (CHAPMAN et al., 2014). Como consequência, o desempenho produtivo dos animais mantidos a pasto, tanto na produção de carne quanto na de leite, é afetado significativamente, tornando a sazonalidade objeto de estudo ( Li et al., 2010; Beecher et al., 2015; Demanet et al., 2015; Wingler and Hennessy, 2016; Clark et al., 2018).

A irregularidade do regime pluvial restringe o desenvolvimento de plantas forrageiras, pois mesmo dentro de estações chuvosas, áreas de pastagens estão sujeitas aos veranicos ou alagamentos temporários. Todavia, poucos são os estudos envolvendo as características que conferem adaptação à seca ou ao alagamento a estas espécies e a seleção de espécies com alta produtividade no período das águas é menos sensível à falta

e/ou ao excesso de água no solo. Mingardo (2005) salienta que deficiência hídrica constitui-se fator limitante para o crescimento das espécies forrageiras, sobretudo em regiões onde os períodos de estiagem são mais longos e as temperaturas mais elevadas. Os riscos climáticos associados à produção agrícola podem ser avaliados por métodos de zoneamento edafoclimático (GELCER et al., 2018; PEZZOPANE et al., 2012b; SANTOS et al., 2015).

Considerando que as gramíneas tropicais são suscetíveis às variações ambientais (SLOAT et al., 2018) e podem estar associadas a vários serviços ecossistêmicos (ARANTES; FERREIRA; COE, 2016; LINDESKOG et al., 2013), compreender seus padrões de ocupação pode ajudar a adaptar e mitigar os impactos das mudanças climáticas (IZAURRALDE et al., 2011) e cumprir as metas de redução de emissões de GEE estabelecidas pelo Brasil no acordo PARIS (BUSTAMANTE et al., 2012; RAONI RAJÃO; BRITALDO SOARES-FILHO, 2015).

Assim, estudos que visem a avaliar os sistemas forrageiros e possibilitem a formação de bases de conhecimento são fundamentais para elaboração do planejamento estratégico em busca de uma produção pecuária sustentável (JEMAI et al., 2013; SHAKESBY et al., 2015; TEAGUE et al., 2010).

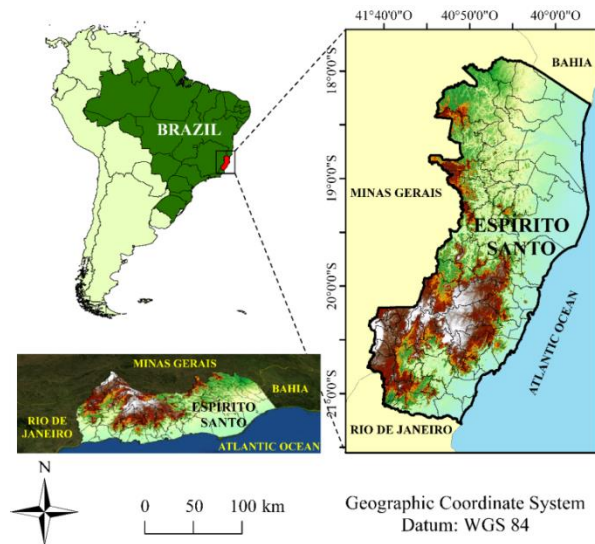
Desta forma, objetivou-se com este estudo avaliar o zoneamento edafoclimático de gramíneas tropicais para o estado do Espírito Santo, o efeito da estacionalidade em duas épocas do ano e os distribuír em classes de aptidões, restrições e inaptidões nos 78 municípios do Estado.

## 2. **METODOLOGIA**

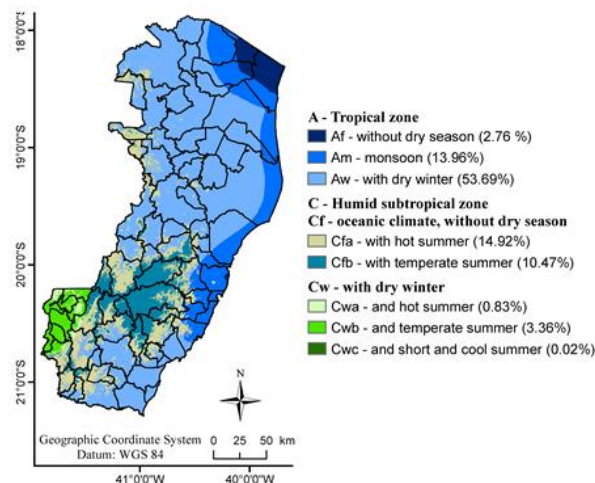
### 2.1. Local do Experimento

O estudo foi conduzido no período de fevereiro de 2018 a março de 2019 para o Estado do Espírito Santo, localizado na região Sudeste do Brasil, que dispõe de uma área total de 46.052,64 km<sup>2</sup>, localizado entre 17°53'29 " e 21°18'03 " de latitude S e 39°41'18" e 41°52'45" longitude W, limitando-se ao norte, com a Bahia, ao sul, com o Rio de Janeiro, a oeste, com Minas Gerais e à leste, com o Oceano Atlântico (Fig. 7). O mapa representativo da classificação climática de Köppen para o estado do Espírito Santo, Brasil, é mostrado na Figura 8. Segundo Alvares et al. (2014), as zonas climáticas predominantes no estado do

Espírito Santo são Aw (Zona Tropical - com inverno seco), Am ( Zona tropical - com monção), Cfa (clima oceânico, sem estação seca) e Cfb (clima oceânico, sem estação seca - com verão temperado) com percentuais de 53,69%, 13,96%, 14,92% e 10,47%, respectivamente.



**Figura 7.** Localização geográfica da área de estudo, Estado do Espírito Santo, Brasil. Adaptado de (SANTOS et al., 2016).



**Figura 8.** Classificação climática de Köppen para o estado no Espírito Santo, Brasil. Adaptado de Alvares et al. (2014).

A escolha dessas espécies foi devido ao uso de tecnologias de intensificação e ao maior potencial produtivo forrageiro, concorrendo para maior produtividade animal por área, sendo essencial para reverter a situação de algumas áreas com gramíneas de baixa produtividade e degradadas, com baixa lotação animal. Aliado a isso, diferentes usos dentro do sistema

produtivo, como fenação e ensilagem, podem auxiliar no aumento da produtividade do sistema de manejo utilizado na propriedade.

A *Brachiaria* é uma das espécies forrageiras mais cultivadas no Brasil devido ao fato de apresentar alta produção de matéria seca, boa adaptabilidade, facilidade de estabelecimento, persistência, bom valor nutritivo, poucos problemas com doenças, além de apresentar bom crescimento durante a maior parte do ano, inclusive no período seco (COSTA et al., 2005).

Gramíneas do gênero *Cynodon* são amplamente utilizadas na pecuária brasileira como pasto e para a produção de feno (AMES et al., 2014), apresentam hastes grandes dotadas de folhas finas de cor verde-escura, rizomas bem desenvolvidos e boa relação folha:colmo, conferindo-lhe um bom valor nutritivo (FAGUNDES et al., 1999; SOARES FILHO; RODRIGUES; PERRI, 2002).

O gênero *Panicum* engloba plantas forrageiras de reconhecido potencial nos modelos intensivos de produção, por apresentar altas produções de biomassa e excelente valor nutritivo, possuir leve tolerância ao déficit hídrico, requerer solos de textura moderada a argilosa, com fertilidade média a alta e sem problemas de acidez (JANK et al., 2010; LEMOS et al., 2015), além de possibilitar elevada produtividade animal.

O *Pennisetum* gramínea forrageira perene destaca-se entre as gramíneas tropicais por ser uma planta de alto potencial de produção, alta taxa de crescimento, alta produtividade e bom valor nutritivo (SANTOS; SILVA; QUEIROZ FILHO, 2001; WADI; ISHII; IDOTA, 2004). Pode apresentar-se como alternativa mais econômica que outras culturas anuais para produção de silagem (TOSI et al., 1992).

## 2.2. Etapas metodológicas

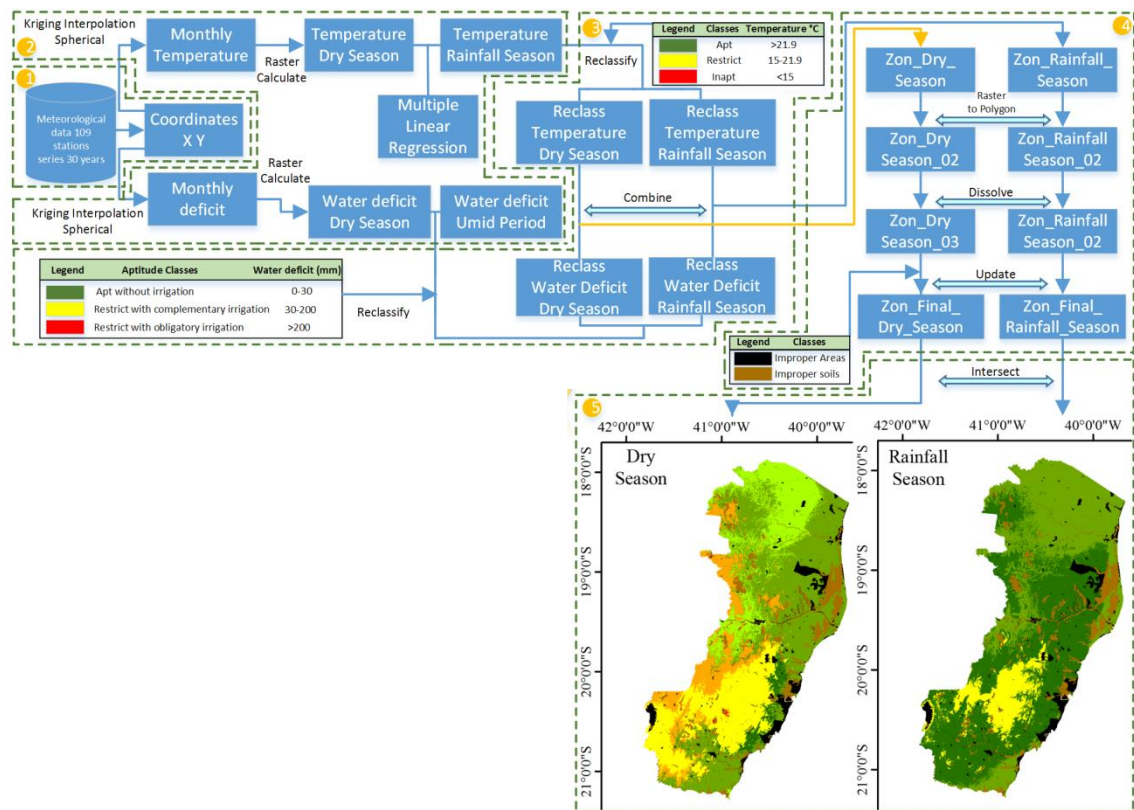
Os passos metodológicos necessários para avaliar as relações do zoneamento edafoclimático para as gramíneas tropicais *Brachiaria brizantha*, *Cynodon dactylon*, *Panicum maximum* e *Pennisetum purpureum* para o Estado do Espírito Santo, Brasil, em duas épocas do ano são (Figura 9):

- (1) Geração do banco de dados.
- (2) Realização da interpolação espacial por krigagem esférica.
- (3) Realização da reclassificação e zoneamento edafoclimático.
- (4) Realização da vetorização espacial para o zoneamento edafoclimático.
- (5) Realização do zoneamento edafoclimático para 78 municípios.



### Etapa 1. Geração de banco de dados:

Todas as operações geotecnológicas nesse estudo foram baseadas em séries de dados meteorológicos de 30 anos representando 109 estações da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Capixaba de Pesquisas e Extensão Rural (INCAPER) distribuídas no Estado do Espírito Santo e áreas adjacentes.



**Figura 9.** Etapas metodológicas utilizadas para o zoneamento edafoclimático de gramíneas tropicais para o Estado do Espírito Santo, Brasil, em duas épocas do ano.

A base de dados meteorológicos, os dados edafoclimáticos processados e o balanço hídrico proposto por THORNTHWAITE e MATHER (1955) foram importados para o Microsoft Office Excel® versão 2010 para gerar planilha eletrônica, no formato .xls, contendo os seguintes 17 campos: 1) identificador da estação; 2) código da estação; 3) coordenação corpo; 4) nome da estação; 5) município da temporada; 6) altitude da estação; 7) ano inicial de coleta de dados; 8) ano final de coleta de dados; 9) séries temporais; 10) longitude; 11) latitude; 12) temperatura média anual; 13) precipitação média anual; 14) evapotranspiração potencial; 15) evapotranspiração real; 16) deficit hídrico anual; e 17) excedente anual de água.

Um balanço hídrico semestral foi gerado e aplicado à crítica de dados por método estatístico para detectar e reparar erros ou defeitos que pode comprometer os resultados espaciais, temporais e temáticos.

Os campos representativos dos equilíbrios hídricos (formato .xls) foram importados usando o ArcGIS<sup>®</sup> versão 10.5 para determinar a longitude, latitude e outras variáveis do balanço hídrico, resultando em vetorização de estações meteorológicas.

#### Etapa 2. Interpolação espacial por krigagem esférica:

De posse dos campos das coordenadas UTM X e Y da imagem vetorial pontual representativa das estações meteorológicas, foi aplicada a técnica geostatística de interpolação espacial por krigagem esférica (MAZZINI; SCHETTINI, 2009), com ajuste do semivariograma (CRESSIE, 2015), gerando as imagens matriciais dessas coordenadas.




Foi importado para o aplicativo computacional ArcGIS<sup>®</sup>, o Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), disponibilizado gratuitamente no portal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), na escala de 1:250.000, na projeção cartográfica WGS 84 (MIRANDA, 2005).

Foi aplicada a álgebra de mapas, tendo como entrada as equações de regressões lineares múltiplas, com suas respectivas variáveis independentes, representadas pelas imagens matriciais MDE/SRTM, coordenadas UTM X e Y, obtendo como saída a imagem matricial de temperatura atual.

#### Etapa 3. Reclassificação e zoneamento edafoclimático:




Sobre as imagens matriciais de temperatura, foi aplicada a função de “reclassificação” espacial com o objetivo de representar as classes de aptidão, restrição e inaptidão (Tabela 1) para as quatro gramíneas tropicais, de modo que foi gerada uma imagem matricial reclassificada representativa do zoneamento edafoclimático. As faixas por aptidão térmica e hídrica para as quatro gramíneas tropicais estão representadas nas Tabelas 6 e 7.

**Tabela 6.** Faixas de aptidão para temperatura média semestral para gramíneas tropicais.

Legenda	Classes aptidão	Temperatura (°C)			
		<i>Brachiaria brizantha</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Panicum maximum</i>	<i>Pennisetum purpureum</i>
	Apta	> 21,9	> 15	> 19	> 25
	Restrita	15 - 21,9	-	14,2 – 19	25 - 15
	Inapta	< 15	< 15	< 14,2	< 15

(PEZZOPANE et al., 2012b; SKERMAN; RIVEROS, 1990)

**Tabela 7.** Faixas de aptidão para deficit hídrico médio semestral para gramíneas tropicais.



Legenda	Classes aptidão	Deficit hídrico (mm)
	Apta sem irrigação	0 - 30
	Restrita com irrigação complementar	30 - 200
	Restrita com irrigação obrigatória	> 200

(PEDRO JÚNIOR, 1990; PEZZOPANE et al., 2012b)

#### Etapa 4. Vetorização espacial do zoneamento edafoclimático:

Nesta etapa, todas as imagens representativas da matriz do zoneamento edafoclimático foram convertidas em formato de vetor poligonal. Ainda nesta fase, devido ao elevado número de polígonos obtidos após o processo de conversão a vetor, foram dissolvidos os polígonos emitindo uma nova imagem vetorial e posterior atualização com a inclusão das áreas e solos impróprios (Tabela 8), gerando a tabela de atributos contendo classes de aptidão: aptos, inaptos, solos impróprios, áreas impróprias e valores restritos. Nesta tabela, dois novos campos foram criados, área e porcentagem. Usou-se a função “calcular geométrica” para determinar as áreas (em km<sup>2</sup>) das classes de aptidão. Também foi usada a "calculadora de campo" para determinar a porcentagem de classes de aptidão.

**Tabela 8.** Classificação de aptidão de áreas impróprias e de solos impróprios.

Legenda	Classes aptidão	Áreas impróprias	Solos impróprios
	Apta		
	Inapta	Áreas urbanas, Corpos d`água, reservas naturais	Cambissolos, Chernossolos, Neossolos, afloramentos rochosos, alagados, solos hidromórficos e organossolos

Etapa 5. Zoneamento edafoclimático para o estado do Espírito Santo:

Para a individualização do zoneamento edafoclimático para cada um dos 78 municípios do Estado do Espírito Santo, foi aplicada a função “interseção” nas imagens vetoriais poligonais dos municípios e zoneamento edafoclimático; assim, oito novas imagens vetoriais poligonais foram criadas para representar o zoneamento edafoclimático discretizado para cada município do estado.

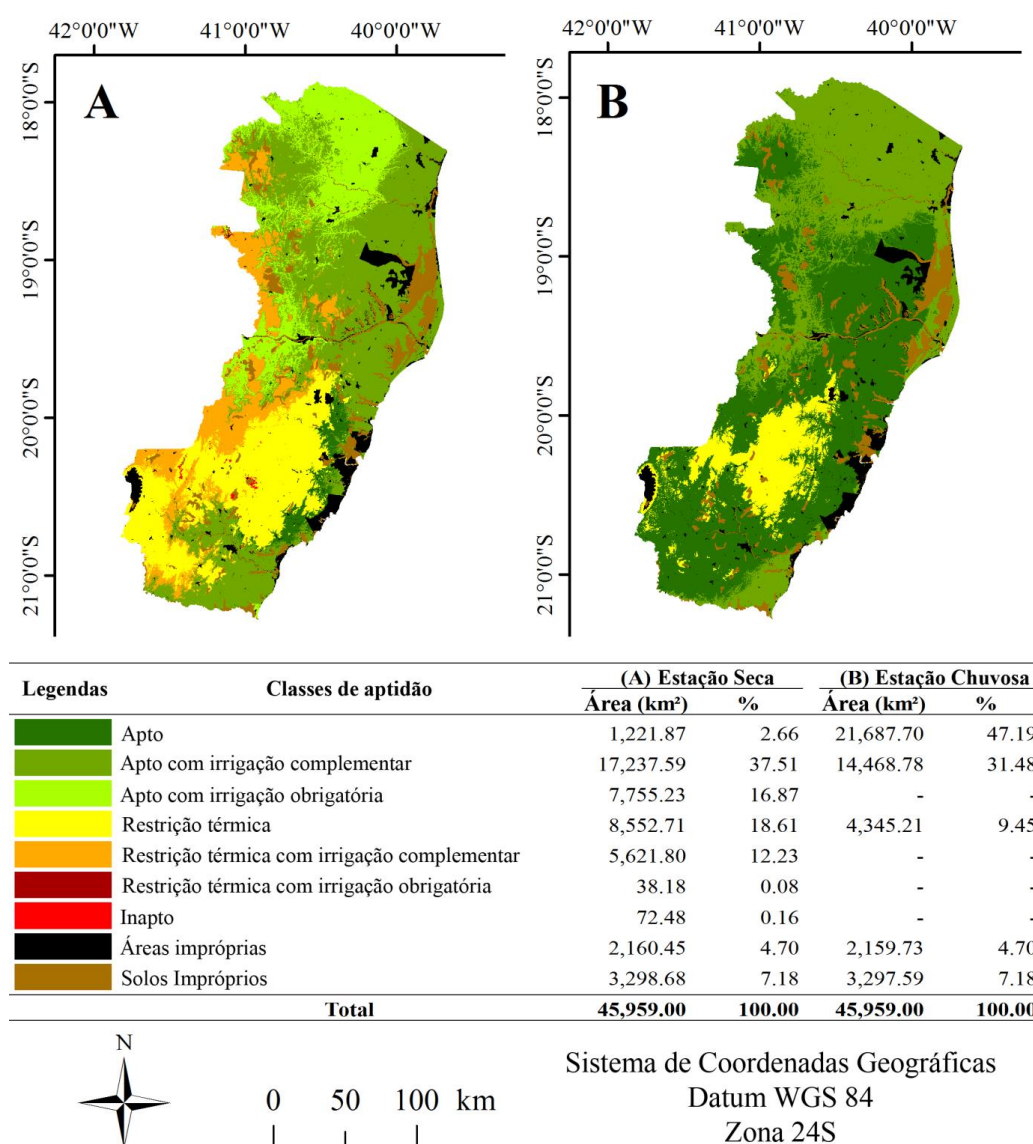
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em grande parte do Brasil as gramíneas sofrem com a estacionalidade da produção, que está relacionada principalmente aos fatores climáticos, como a ocorrência de longos períodos com baixa intensidade de chuvas associada ao fotoperíodo mais curto e às baixas temperaturas durante os meses de abril a setembro (estação seca). O estresse térmico é um importante fator limitante para o crescimento dessas plantas. Entretanto, gramíneas C<sub>4</sub> geralmente são mais tolerantes a altas temperaturas, com temperatura de crescimento de 27 a 35°C (DIPAOLA; BEARD, 1992). Segundo Tonato et al. (2010), esse é um ponto chave para o planejamento do processo produtivo.

Dessa forma, o planejamento e controle da área a ser inserida no sistema produtivo da fazenda, a partir de previsões relativas à aptidão agroclimática, pode contribuir para aumentar a produtividade dos sistemas pecuários e proporcionar uma base mais segura para analisar a viabilidade, retornos econômicos e riscos de alternativas tecnológicas.

Assim, foram realizados quatro zoneamentos edafoclimáticos na mesma área de estudo para quatro espécies de gramíneas tropicais, *Brachiaria brizantha*, *Cynodon dactylon*, *Panicum maximum* e *Pennisetum purpureum*, em duas estações do ano, seca e chuvosa, sendo possível verificar diferenças entre as classes de aptidão, espécies e estações.

No zoneamento edafoclimático para a *Brachiaria brizantha* (Figura 10) verificou-se diferença entre as classes de aptidão e nas estações do ano. Na estação seca 2,66% da área de estudo é apta, contra 47,19% na chuvosa. A estação seca também apresentou maior número de áreas aptas com irrigação complementar e obrigatória (37,51% e 16,87%, respectivamente), além de áreas com restrição térmica e com irrigação complementar (18,61% e 12,23%, respectivamente). Diferentemente da estação chuvosa, que não apresentou áreas dentro das classes aptas com irrigação obrigatória e restrição térmica com irrigação complementar e obrigatória.



**Figura 10.** Zoneamento edafoclimático para *Brachiaria brizantha* no Estado do Espírito Santo Brasil, nas épocas seca e chuvosa do ano.

Na estação chuvosa houve redução no número de áreas com restrição térmica (9,45%) e não verificaram-se áreas inaptas ao cultivo, devido à temperatura não ter atingido valores inferiores a 15°C. Por ser uma espécie de cultivo perene, devem-se adotar medidas para controle da entressafra verificada na estação seca, onde as temperaturas amenas e a escassez hídrica diminuem as áreas de aptidão e, em contrapartida, aumentam as áreas que necessitam de reposição hídrica. A baixa disponibilidade de água seguramente é um dos principais fatores que interferem não só na aptidão como também na produtividade e na qualidade da forragem.

A utilização de sistemas de irrigação, quando passível de ser utilizada, é uma ferramenta eficaz para manter níveis adequados de produção de forragem em função das respostas morfogênicas durante a estação seca (LUNA et al., 2014). Além disso, pode manter a taxa de lotação animal de 40 a 60% da observada na estação chuvosa, contra 10 a 20% em forrageiras não irrigadas (CORSI; MARTHA JÚNIOR, 1998). Apesar de não ser capaz de eliminar a sazonalidade, a irrigação pode ser utilizada para atenuá-la, obtendo no período de entressafra (outono/inverno) produtividade da ordem de 50% da obtida na safra, enquanto sem irrigação a produtividade é de 10 a 30% (RASSINI, 2004).

O Estado do Espírito Santo, que serviu como área de estudo, possui 78 municípios caracterizados pelas classes de aptidão por área (em km<sup>2</sup>) e porcentagem de área (%) para cada uma das gramíneas tropicais trabalhadas nas estações seca e chuvosa (Anexos 1, 2, 3 e 4). Na Tabela 9, encontram-se três municípios por classes de maiores aptidões e os com maiores classes de aptidão nas estações seca e chuvosa para a *Brachiaria*.

Em busca da intensificação do sistema de produção no Estado houve um aumento significativo na área plantada de gramíneas forrageiras de 1975 (557.784 ha) a 2017 (1.462,693 ha), e no ano de 2015 o Estado do Espírito Santo abateu mais de 81.1 mil toneladas de carcaças, sendo os municípios de Ecoporanga, Linhares e Montanha os que apresentaram maior efetivo de bovinos em 2014. De acordo com o apresentado na Tabela 9, estão entre os municípios com maiores classes de aptidão nas estações seca e chuvosa para a *Brachiaria*, e os três apresentam aptidão à cultura, porém com necessidade de irrigação na estação seca. Na estação chuvosa, o município de Montanha é apto a cultura, porém com irrigação complementar.

**Tabela 9.** Classes de aptidão de áreas para plantio de *Brachiaria brizantha* em três municípios do Estado do Espírito Santo, Brasil, com maior quantidade de área em cada classe.

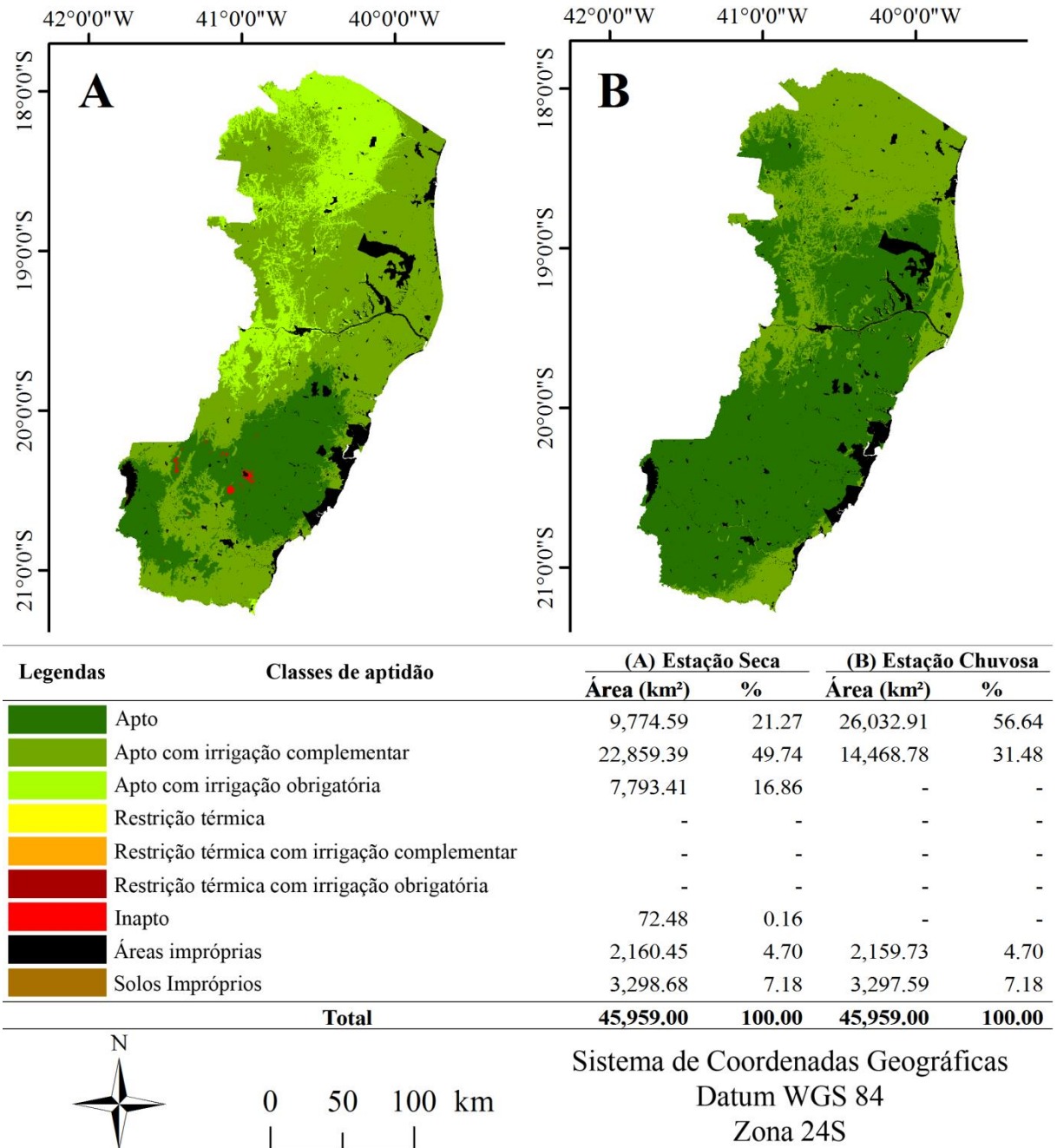
Classes	Municípios	Área (km <sup>2</sup> )	% Mun. Área
		Época Seca	
Apto	Anchieta	240,02	58,59
	Santa Leopoldina	205,11	40,65
	Serra	135,90	28,57
Apto com irrigação complementar	Linhares	2.017,84	57,63
	São Mateus	1.675,56	71,66
	Aracruz	1.220,79	85,99
Apto com irrigação obrigatória	Montanha	1.080,44	98,29
	Nova Venécia	810,16	56,19
	Ecoporanga	788,56	34,47
		Época Chuvosa	
Apto	Linhares	1.524,55	43,54
	Aracruz	1.159,08	81,64
	Ecoporanga	751,63	32,86
Apto com irrigação complementar	São Mateus	1.723,04	73,69
	Nova Venécia	1.166,48	80,90
	Montanha	1.091,77	99,32

O zoneamento edafoclimáticos da espécie *Cynodon dactylon* se apresentou com melhor resposta adaptativa à área de estudo (Fig. 11).

Estudos anteriores também confirmaram resposta favorável à ocorrência dessa gramínea perene a nível mundial, com crescimento natural em vários ambientes estressantes (SINGH; PANDEY; SINGH, 2013) e com fácil adaptação aos climas tropical, subtropical e temperado (SKERMAN; RIVEROS, 1990).

Contudo, na época seca houve redução das áreas aptas em comparação com a estação chuvosa (21,27% versus 56,64%, respectivamente) e aumento nas classes apta com irrigação complementar (49,74 versus 31,48%, respectivamente) e presença de áreas aptas com irrigação obrigatória (16,89%). A capacidade produtiva das gramíneas são condicionadas por fatores climáticos, principalmente temperatura (ALENCAR et al., 2009; NEWMAN et al., 2007), mas para a área de estudo a temperatura não provocou grandes efeitos a essa espécie, porém a prática do uso da irrigação em ambas as estações reduziria a estacionalidade, intensificando a produção (QUEIROZ et al., 2012).





**Figura 11.** Zoneamento edafoclimático para *Cynodon dactylon* no Estado do Espírito Santo Brasil, nas épocas seca e chuvosa do ano.

Na Tabela 10 encontram-se três municípios por classes de aptidão que se destacaram nas maiores classes de aptidão nas estações seca e chuvosa para *Cynodon dactylon*.



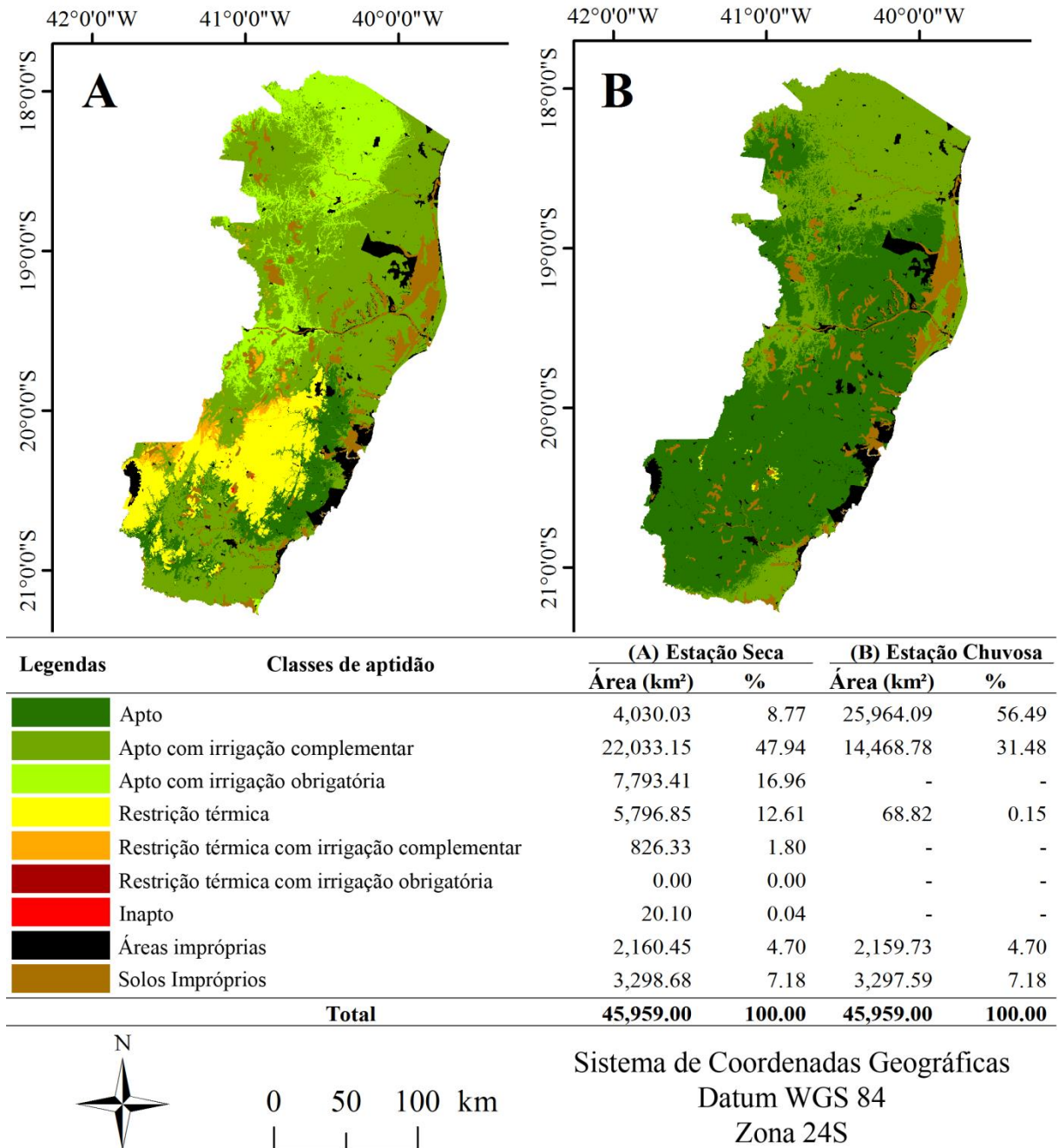
**Tabela 10.** Classes de aptidão de áreas para plantio de *Cynodon dactylon* em três municípios do Estado do Espírito Santo, Brasil, com maior quantidade de área em cada classe

Classes	Municípios	Área (km <sup>2</sup> )	% Mun. Área
		Época Seca	
Apto	Domingos Martins	1,180.81	95.05
	Santa Maria de Jetibá	712.80	96.94
	Santa Leopoldina	686.86	95.67
Apto com irrigação complementar	Linhares	2,138.64	61.08
	São Mateus	1,676.13	71.69
	Ecoporanga	1,381.76	60.40
Apto com irrigação obrigatória	Montanha	1,080.44	98.29
	Nova Venécia	810.17	56.19
	Ecoporanga	788.61	34.47
Época Chuvosa			
Apto	Linhares	1,524.55	43.54
	Domingos Martins	1,195.25	97.23
	Aracruz	1,159.08	81.64
Apto com irrigação complementar	São Mateus	1,723.04	73.69
	Nova Venécia	1,166.48	80.90
	Montanha	1,091.77	99.32

Grande parte dos sistemas de produção carne/leite no Estado é a pasto e segundo Galeano et al. (2017) a distribuição espacial do efetivo de bovinos no Estado apresenta-se nas regiões Noroeste (22,56%), Nordeste (19,95%) e Rio Doce (10,43%), onde encontram-se os municípios Ecoporanga, Montanha, Linhares, São Mateus, Nova Venécia e Aracruz.

Já os municípios de Domingos Martins, Santa Maria do Jetibá e Santa Leopoldina se encontram nas regiões Sudeste Serrana e Central Serrana, com clima mais ameno e úmido, o que favorece o cultivo do gênero *Cynodon*, especialmente da cultivar Tifton 85, que por ser originária de área subtropical possui boa adaptação a temperaturas mais baixas, reduzindo sua sazonalidade, com temperatura basal inferior, da ordem de 12 °C (CORRÊA; SANTOS, 2006), se diferindo das demais gramíneas trabalhadas.

O zoneamento edafoclimático para a espécie *Panicum maximum* apresentou grande redução na aptidão de áreas na estação seca para a chuvosa (8,77% versus 56,49%, respectivamente), 47,94% e 16,96 nas classes apta com irrigação complementar e obrigatória contra 31,48% apta com irrigação complementar (Fig. 12).



**Figura 12.** Zoneamento edafoclimático para *Panicum maximum* no Estado do Espírito Santo Brasil, nas épocas seca e chuvosa do ano.

Com essa gramínea constatou-se a estacionalidade da produção forrageira pelos fatores climáticos para a espécie que apresentou forte dependência hídrica, enfatizando o uso da irrigação como condição básica e imprescindível, amenizando a estacionalidade e assegurando a produtividade da pecuária regional.

Os municípios de Santa Leopoldina, Guarapari e Anchieta apresentaram maior área apta a espécie *Panicum maximum* na estação seca, porém na estação chuvosa Linhares, Domingos Martins e Aracruz apresentaram maiores áreas de aptidão (Tabela 11). Na estação seca os

municípios de Linhares, Montanha, Ecoporanga e São Mateus apresentaram as maiores aptidões, desde que se utilize a técnica da irrigação.

**Tabela 11.** Classes de aptidão de áreas para plantio de *Panicum maximum* em três municípios do Estado do Espírito Santo, Brasil, com maior quantidade de área em cada classe.

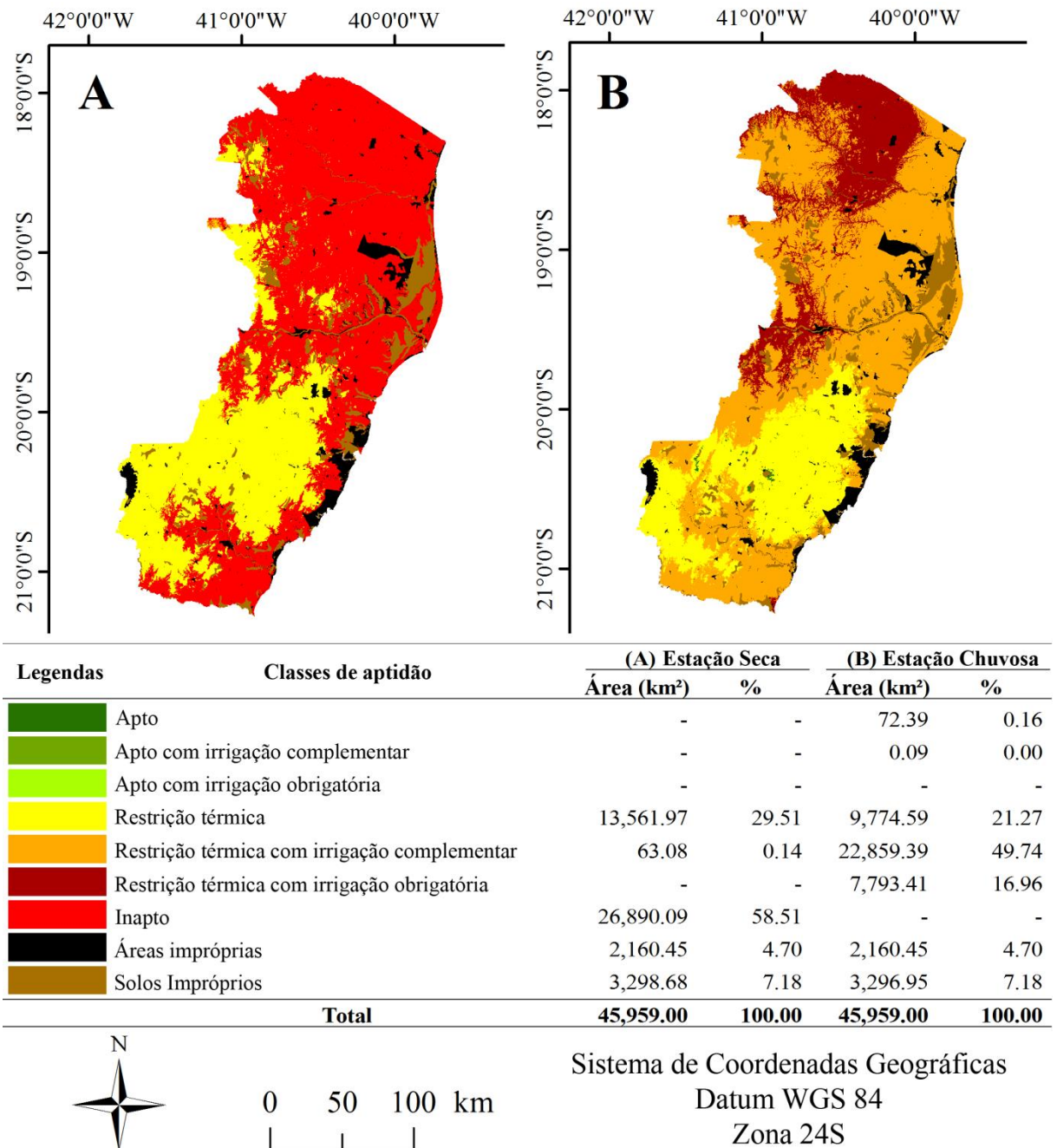
Classes	Municípios	Área (km <sup>2</sup> )	% Mun. Área
		Época Seca	
Apto	Santa Leopoldina	438.63	61.09
	Guarapari	288.48	48.97
	Anchieta	270.88	66.13
Apto com irrigação complementar	Linhares	2,138.64	61.08
	São Mateus	1,676.13	71.69
	Ecoporanga	1,381.76	60.40
Apto com irrigação obrigatória	Montanha	1,080.44	98.29
	Nova Venécia	810.17	56.19
	Ecoporanga	788.61	34.47
		Época Chuvosa	
Apto	Linhares	1,524.55	43.54
	Domingos Martins	1,195.25	97.23
	Aracruz	1,159.08	81.64
Apto com irrigação complementar	São Mateus	1,723.04	73.69
	Ecoporanga	1,419.42	62.05
	Nova Venécia	1,166.48	80.90

A espécie *Pennisetum purpureum* apresentou a menor aptidão à área de estudo (Figura 13). Na época seca, constatou-se 58,51% da área como inapta e 29,51% com restrição térmica (temperaturas entre 15 e 25 °C). Na época chuvosa, 0,16% de aptidão, 49,74% de restrição térmica com irrigação complementar e 16,96% de restrição térmica com irrigação obrigatória.

Dentre as espécies trabalhadas, o *P. purpureum* é uma gramínea de ampla adaptação às regiões tropicais e subtropicais (XU et al., 2015) e com o elevado potencial produtivo e nutricional, mas a mais exigente em temperatura e pluviosidade. Segundo Skerman and Riveros (1990), as condições ótimas exigidas por essas gramíneas para o máximo de crescimento são: temperatura acima de 25 °C e pluviosidade superior a 1.500 mm, o que proporcionou a baixa adaptabilidade dessa ao Estado.

As altas faixas de restrições e inaptidões para essa gramínea aconteceu pelo fato dessas plantas apresentarem melhor rendimento em zonas entre 29 e 37 °C (VÁZQUEZ-GONZÁLEZ; GONZÁLEZ-MANCILLAS, 2017), valores altos para as médias encontradas no Estado, principalmente na estação seca, reconhecendo a maior inaptidão. Temperatura superior a 37 °C para essas plantas pode acarretar estresse, alterando a fisiologia e composição

química, reduzindo a qualidade e digestibilidade. Por outro lado, temperatura inferior a 15 °C altera sua fisiologia, refletindo em crescimento lento e baixa produção de biomassa (VÁZQUEZ-GONZÁLEZ; GONZÁLEZ-MANCILLAS, 2017).



**Figura 13.** Zoneamento edafoclimático para *Pennisetum purpureum* no Estado do Espírito Santo Brasil, nas épocas seca e chuvosa do ano.

Para o *Pennisetum* houve menor quantidade de áreas aptas na região de estudo e, devido sua alta exigência bioclimática, também encontrou-se menor quantidade de classes de aptidão. As áreas aptas foram obtidas apenas na estação chuvosa e a maior quantidade de áreas aptas e

aptas com irrigação complementar foram nos municípios de Domingos Martins, Castelo, Muniz Freire, Itaguaçu Baixo Guandu (Tabela 12). Esses valores de aptidão, comparados aos das demais espécies, são muito inferiores.

**Tabela 12.** Classes de aptidão de áreas para plantio de *Pennisetum purpureum* em três municípios do Estado do Espírito Santo, Brasil, com maior quantidade de área em cada classe.

Classes	Municípios	Área (km <sup>2</sup> )	% Mun. Área
		Época Chuvosa	
Apto	Domingos Martins	14.27	1.16
	Castelo	10.78	1.62
	Muniz Freire	8.13	1.20
Apto com irrigação complementar	Itaguaçu	0.049	0.009
	Baixo Guandú	0.011	0.001
	Muniz Freire	0.011	0.002

A implantação desses gêneros de gramíneas tropicais em áreas inaptas ou que detenham alguma restrição não é ideal, porém, como visto nos quatro zoneamentos, tais restrições ou inaptidões em grande parte ocorrem na estação seca. Logo, para otimizar o manejo e minimizar os efeitos da estacionalidade, deve-se fazer uso da irrigação nessas áreas, não só na época seca como também nos veranicos da estação chuvosa.

#### 4. CONCLUSÕES

O Estado do Espírito Santo é apto ao cultivo de gramíneas tropicais, com maior aptidão à espécie *Cynodon dactylon*, seguida da *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* e *Pennisetum purpureum*.

O Estado do Espírito Santo é afetado pela estacionalidade produtiva provocada pelos fatores climáticos, apresentando às autoridades e aos produtores a necessidade de traçar um plano de manejo do sistema produtivo a pasto ao longo do ano, principalmente com a implantação de sistemas de irrigação eficientes e bem executados, tanto na escassez hídrica da estação seca como nos veranicos da estação chuvosa.

Desta forma, os resultados são significativos no conhecimento e fornecimento de dados para novos estudos, afim de se atualizar e minimizar os riscos financeiros e ambientais a potenciais investidores.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, C. A. B. D.; CUNHA, F. F. D.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; ROCHA, W. S. D. D.; ARAÚJO, R. A. S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. spe, p. 98–108, jul. 2009.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; LEONARDO, J.; GONÇALVES, M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.

AMES, J. P.; NERES, M. A.; CASTAGNARA, D. D.; MUFATTO, L. M.; DUCATI, C.; JOBIM, C. C.; TRES, T. T. Dry matter production, chemical composition, dry matter digestibility and occurrence of fungi in Bermuda grass hay (*Cynodon dactylon*) under different fertilization systems or associated with pea plantings in winter. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 41, n. 2, p. 163–174, maio 2014.

ARANTES, A. E.; FERREIRA, L. G.; COE, M. T. The seasonal carbon and water balances of the Cerrado environment of Brazil: Past, present, and future influences of land cover and land use. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 117, p. 66–78, 2016.

BARONA, E.; RAMANKUTTY, N.; HYMAN, G.; COOMES, O. T. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, v. 5, n. 2, 2010.

BEECHER, M.; HENNESSY, D.; BOLAND, T. M.; MCEVOY, M.; O'DONOVAN, M.; LEWIS, E. The variation in morphology of perennial ryegrass cultivars throughout the grazing season and effects on organic matter digestibility. **Grass and Forage Science**, v. 70, n. 1, p. 19–29, mar. 2015.

BRASIL. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/resultados-censo-agro-2017.html>>.

BUSTAMANTE, M. M. C.; NOBRE, C. A.; SMERALDI, R.; AGUIAR, A. P.D.; BARIONI, L. G.; FERREIRA, L. G.; LONGO, K.; MAY, P.; PINTO, A. S.; OMETTO, J. P.H.B. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. **Climatic Change**, v. 115, n. 3–4, p. 559–577, 2012.

CHAPMAN, D. F.; CULLEN, B. R.; JOHNSON, I. R.; BECA, D. Interannual variation in pasture growth rate in Australian and New Zealand dairy regions and its consequences for system management. **Animal Production Science**, v. 49, n. 12, p. 1071–1079, dez. 2009.

CHAPMAN, D. F.; BECA, D.; HILL, J.; THARMARAJ, J.; JACOBS, J. L.; CULLEN, B. R. Increasing home-grown forage consumption and profit in non-irrigated dairy systems. 4. Economic performance. **Animal Production Science**, v. 54, n. 3, p. 256–262, fev. 2014.

CLARK, C. E. F.; KAUR, R.; MILLAPAN, L. O.; GOLDBER, H. M.; THOMSON, P. C.; HORADAGODA, A.; ISLAM, M.R.; KERRISK, K.L.; GARCIA, S.C. The effect of temperate or tropical pasture grazing state and grain-based concentrate allocation on dairy cattle production and behavior. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 6, p. 5454–5465, jun. 2018.

CNA, C. DA A. E P. DO B. **Balanço Bovinocultura de Corte 2017**.

CORRÊA, L. DE A.; SANTOS, P. M. **Irrigação de pastagens formadas por gramíneas forrageiras tropicais** Embrapa Pecuária Sudeste. São Carlos: [s.n.].

CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Manejo de pastagens para produção de carne e leite. In: PEIXOTO, A. M. .; MOURA, J. C. .; FARIA, V. P. (Eds.). . **Manejo de pastagens de Tifton, Coastcross e Estrela**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998. p. 55–85.

COSTA, K. A. DE P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P. D.; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. “Marandu”. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 187–193, 2005.

CRESSIE, N. A. C. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley and Sons Inc., 2015.

DE OLIVEIRA, E. R.; SILVA, J. R.; BAUMANN, L. R. F.; MIZIARA, F.; JÚNIOR FERREIRA, L. G.; MERELLES, L. R. D. O.; COUTO, V, R. M. Development of a technological index for the assessment of the beef production systems of the vermelho river basin in Goiás, Brazil. **Pesquisa Operacional**, v. 38, n. 1, p. 117–134, 2018.

DEMANET, R.; MORA, M. L.; HERRERA, M.; MIRANDA, H.; BAREA, J. M Seasonal variation of the productivity and quality of permanent pastures in Adisols of temperate regions. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 15, n. 1, p. 111–128, 2015.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil** Embrapa Amazônia. Belém: [s.n.].

DIAS, L. C. P.; PIMENTA, F. M.; SANTOS, A. B.; COSTA, M. H.; LADLE, R. J. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. **Global change biology**, v. 22, n. 8, p. 2887–2903, 2016.

DIPAOLA, J. M.; BEARD, J. B. Physiological Effects of Temperature Stress. In: WADDINGTON, D. V.; CARROW, R. N.; SHEARMAN, R. C. (Eds.). . **Turfgrass Physiology**. 32. ed. Madison: Agronomy Society of America, 1992. p. 231–267.

FAGUNDES, J. L.; SILVA, S. C. D.; PEDREIRA, C. G. S.; SBRISSIA, A. F.; CARNEVALLI, R. A.; CARVALHO, C. A. B. D.; PINTO, L. F. D. M. Índice de área foliar,

interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1141–1150, 1999.

FAO, F. AND A. O. OF THE U. N. **An international consultation on integrated crop-livestock systems for development: The Way Forward for Sustainable Production Intensification**. 13. ed. Rome: [s.n.].

FAO, O. DE LAS N. U. PARA LA A. Y LA A. **Zonificación agro-ecológica: guía general**. 73. ed. Rome: FAO, 1997.

GALEANO, E. A. V.; VINAGRE, D.; OLIVEIRA, N. A. D.; BORGES, V. A. J.; CHIPOLESCH, J. M. A. **Síntese da produção agropecuária do Espírito Santo 2014/2015**. Vitória, ES: [s.n.].

GELCER, E.; FRAISSE, C. W.; ZOTARELLI, L.; STEVENS, F. R.; PERONDI, D.; BARRETO, D. D.; MALIA, H. A.; ECOLE, C. C.; MONTONE, V.; SOUTHWORTH, J. Influence of El Niño-Southern oscillation (ENSO) on agroclimatic zoning for tomato in Mozambique. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 248, p. 316–328, jan. 2018.

IBGE, I. B. DE G. E. E. **Área dos estabelecimentos. Censo Agropecuario 1920/2006**.

IZAURRALDE, R. C.; THOMSON, A. M.; MORGAN, J. A.; FAY, P. A.; POLLEY, H. W.; HATFIELD, J. L. Climate impacts on agriculture: Implications for forage and rangeland production. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 2, p. 371–381, 2011.

JANK, L.; MARTUSCELLO, J. A.; EUCLIDES, V. P. B.; VALLE, C. B. D.; RESENDE, R. M. S. *Panicum maximum*. In: FONSECA, D. M. DA;; MARTUSCELLO, J. A. (Eds.). . **Plantas Forrageiras**. Viçosa: Ed. UFV, 2010. p. 166–196.

JEMAI, I.; BEN AISSA, N.; BEN GUIRAT, S.; BEN-HAMMOUDA, M.; GALLALI, T. Impact of three and seven years of no-tillage on the soil water storage, in the plant root zone, under a dry subhumid Tunisian climate. **Soil and Tillage Research**, v. 126, p. 26–33, jan. 2013.

LEMO, N. L. S.; CAVALCANTE, A. C. R.; SILVA, T. G. F. D.; PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, P. M.; COARACY, G. M. B.; CÂNDIDO, M. J. D. **Aptidão agroclimática e necessidade líquida de irrigação para o cultivo do capim-tanzânia no estado do Ceará** Embrapa Caprinos e Ovinos. Sobral: [s.n.].

LI, F. Y.; SNOW, V. O.; HOLZWORTH, D. P.; JOHNSON, I. R. **Integration of a pasture model into APSIM**. (H. Dove, R. A. Colvenor, Eds.)15th Australian Agronomy Conference. **Anais...**Lincoln, New Zealand: 2010



LINDESKOG, M.; ARNETH, A.; BONDEAU, A.; WAHA, K.; SEAQUIST, J.; OLIN, S.; SMITH, B. Implications of accounting for land use in simulations of ecosystem carbon cycling in Africa. **Earth System Dynamics**, v. 4, n. 2, p. 385–407, 2013.

LOPES, A. DA S.; TORRES, F. E.; JÚNIOR, E. D. F.; NETO, A. A. D. S.; MARGATTO, A. R. A.; KRESKI, M. J. Produtividade de gramíneas forrageiras em épocas distintas sob irrigação. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 2, p. 173–180, nov. 2016.

LUNA, A. A.; DIANTE, G. D. S.; MONTAGNER, D. B.; EMERENCIANO NETO, J. V.; ARAÚJO, I. M. M. D.; OLIVEIRA, L. E. C. D. Características morfogênicas e acúmulo de forragem de gramíneas forrageiras sob corte. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1803–1810, 2014.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 53–64, 2009.

MINGARDO, M. **Irrigação: Água para garantir bom pasto**. Disponível em: <[https://revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev90\\_pastagem.htm](https://revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev90_pastagem.htm)>.

MIRANDA, E. E. D. **Brasil em Relevo**. Disponível em: <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/conteudo/equipe.htm>>.

MISTURA, C.; FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M. D.; MOREIRA, L. D. M.; TEIXEIRA VITOR, C. M.; NASCIMENTO, D. D.; RIBEIRO, J. I. Disponibilidade e qualidade do capim-elefante com e sem irrigação adubado com nitrogênio e potássio na estação seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 372–379, abr. 2006.

NEWMAN, Y. C.; SINCLAIR, T. R.; BLOUNT, A. S.; LUGO, M. L.; VALENCIA, E. Forage production of tropical grasses under extended daylength at subtropical and tropical latitudes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, n. 1, p. 18–24, set. 2007.

OLIVEIRA, P. P. A. Gases de efeito estufa em sistemas de produção animal brasileiros e a importância do balanço de carbono para a preservação ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 623–634, 2015.

PARENTE, L.; FERREIRA, L.; FARIA, A.; NOGUEIRA, S.; ARAÚJO, F.; TEIXEIRA, L.; HAGEN, S. Monitoring the brazilian pasturelands: A new mapping approach based on the landsat 8 spectral and temporal domains. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 62, p. 135–143, out. 2017.

PARENTE, L.; MESQUITA, V.; MIZIARA, F.; BAUMANN, L.; FERREIRA, L. Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing. **Remote Sensing of Environment**, v. 232, n. June, p. 111301, out. 2019.

PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. DE.; CARNEIRO, M. A. C.; JUNIOR SMILJANIK, E. Produção e qualidade de forrageiras do gênero *Brachiaria* na região Sudoeste do Estado de Goiás. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 33, n. 4, p. 341–346, 2011.

PEDRO JÚNIOR, M. J. **Aptidão climática para plantas forrageiras no Estado de São Paulo**. 139. ed. Campinas: Embrapa Pecuária Sudeste, 1990.

PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, P. M.; BETTIOL, G. M.; BOSI, C.; PETINARI, I. Zoneamento de aptidão climática para os capins marandu e tanzânia na região sudeste do Brasil. **Embrapa Pecuária Sudeste**, p. 27, 2012.

PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, P. M.; EVANGELISTA, S. R. M.; BOSI, C.; CAVALCANTE, A. C. R.; BETTIOL, G. M.; MIRANDA GOMIDE, C. A. DE.; PELLEGRINO, G. Q. *Panicum maximum* cv. Tanzânia: climate trends and regional pasture production in Brazil. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 1, p. 104–117, 2017.

QUEIROZ, D. S.; MENEZES, M. A. C.; OLIVEIRA, R. A. DE.; VIANA, C. M.; SILVA, E. A. DA.; RUAS, J. R. M. Nitrogen fertilization strategies for xaraes and tifton 85 grasses irrigated in the dry season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 8, p. 1832–1839, ago. 2012.

RAJAO, R.; SOARES-FILHO, B. Policies undermine Brazil's GHG goals. **Science**, v. 350, n. 6260, p. 519–519, 30 out. 2015.

RASSINI, J. B. Período de estacionalidade de produção de pastagens irrigadas. - Portal Embrapa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 821–825, 2004.

ROCHA, G. F.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Detecção de desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 63, p. 341–349, 2011.

SAFRA. **357 mil pessoas vivem da agropecuária no Espírito Santo**. Disponível em: <<https://www.safraes.com.br/censo-agro-2017/357-mil-pessoas-vivem-agropecuaria-no-espírito-santo>>.

SANTOS, A. R. DOS; RIBEIRO, C. A. A.; SEDIYAMA, G. C.; PELUZIO, J. B. E.; PEZZOPANE, J. E. M.; BRAGANÇA, R. **Zoneamento Agroclimático no ArcGIS 10.3.1: passo a passo**. Alegre - ES: [s.n.].

SANTOS, E. A. DOS; SILVA, D. S. DA; QUEIROZ FILHO, J. L. DE. Aspectos produtivos do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) cv. Roxo no brejo paraibano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 31–36, fev. 2001.

SANTOS, G. M. A. D. A. DOS; SANTOS, A. R. DOS.; TEIXEIRA, L. J. Q.; SARAIVA, S. H.; FREITAS, D. F.; PEREIRA, O. DOS S.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LORENZON, A. S.; EUGENIO, F. C.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, M. E. L. R. DE; SCHERER, R. GIS applied to agr climatological zoning and agrot toxin residue monitoring in tomatoes: A case study in Espírito Santo state, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 166, p. 429–439, 2016.

SCARAMUZZA, C. A. DE M.; SANO, E. E.; ADAMI, M.; BOLFE, E. L.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; MAURANO, L. E. P.; NARVAES, I. S.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; ROSA, R.; SILVA, E. B.; VALERIANO, D. M.; VICTORIA, D. C.; BAYMA, A. P. OLIVEIRA, G. H.; GUSTAVO, B.-S.; Land-use and Land-cover mapping of the Brazilian Cerrado Based ased mainly on Landsat-8 Satellite Images. **Revista Brasileira de Cartografi a**, v. 69, n. 6, p. 1041–1051, 2017.

SHAKESBY, R. A.; BENTO, C. P. M.; FERREIRA, C. S.S.; FERREIRA, A. J.D.; STOOFF, C. R.; URBANEK, E.; WALSH, R. P. D. Impacts of prescribed fire on soil loss and soil quality: An assessment based on an experimentally-burned catchment in central Portugal. **CATENA**, v. 128, p. 278–293, maio 2015.

SINGH, K.; PANDEY, V. C.; SINGH, R. P. Cynodon dactylon: An efficient perennial grass to revegetate sodic lands. **Ecological Engineering**, v. 54, p. 32–38, maio 2013.

SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. **Tropical grasses**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1990.

SLOAT, L. L.; GERBER, J. S.; SAMBERG, L. H.; SMITH, W. K.; HERRERO, M.; FERREIRA, L. G.; GODDE, C. M.; WEST, P. C. Increasing importance of precipitation variability on global livestock grazing lands. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 3, p. 214–218, 2018.

SOARES FILHO, C. V.; RODRIGUES, L. R. DE A.; PERRI, S. H. V. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, p. 1377–1384, 2002.

SPAROVEK, G.; BARRETTO, A.; KLUG, I.; PAPP, L.; LINO, J. A revisão do Código Florestal brasileiro. **Novos Estudos - CEBRAP**, n. 89, p. 111–135, mar. 2011.

STRASSBURG, B. B. N.; LATAWIEC, A. E.; BARIONI, L. G.; NOBRE, C. A.; SILVA, V. P. DA; VALENTIM, J. F. VIANNA, M.; ASSAD, E. D. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, v. 28, p. 84–97, 2014.

TEAGUE, W. R.; DOWHOWER, S. L.; BAKER, S. A.; ANSLEY, R. J.; KREUTER, U. P. CONOVER, D. M.; WAGGONER, J. A. Soil and herbaceous plant responses to summer

patch burns under continuous and rotational grazing. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 137, n. 1–2, p. 113–123, abr. 2010.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **Water Balance**. New Jersey: Publications in climatology, 1955.

TONATO, F.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G. S.; DANTAS, O. D.; MALAQUIAS, J. V. Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 5, p. 522–529, 2010.

TOSI, H.; SCHOCKENITURRINO, R.; FURTADO, C.; SAMPAIO, A.; OKAMOTO, F. KRONKA, S. Avaliação química e microbiológica do capim-elefante, cultivar taiwan A-148, preparado para ensilagem com bagaço de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 10, p. 1313–1317, 1992.

USDA, U. S. D. OF A. **Data & analysis - livestock and poultry: world markets and trade**. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-andtrade>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S. DE. Tendências e perspectivas da pecuária bovina na amazônia brasileira. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 4, n. 8, p. 7–30, 2009.

VÁZQUEZ-GONZÁLEZ, A.; GONZÁLEZ-MANCILLAS, R. Agroecological zoning of grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) Taiwan variety, in Chiapas, Mexico. **Agroproductividad**, v. 10, n. 2, p. 25–32, 2017.

WADI, A.; ISHII, Y.; IDOTA, S. Effects of Cutting Interval and Cutting Height on Dry Matter Yield and Overwintering Ability at the Established Year in *Pennisetum* Species. **Plant Production Science**, v. 7, n. 1, p. 88–96, jan. 2004.

WALKER, R.; MORAN, E.; ANSELIN, L. Deforestation and Cattle Ranching in the Brazilian Amazon: External Capital and Household Processes. **World Development**, v. 28, n. 4, p. 683–699, abr. 2000.

WINGLER, A.; HENNESSY, D. Limitation of Grassland Productivity by Low Temperature and Seasonality of Growth. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1130, jul. 2016.

XU, Q.; HUNAG, Z.; WANG, X.; CUI, L. *Pennisetum sinense* Roxb and *Pennisetum purpureum* Schum. as vertical-flow constructed wetland vegetation for removal of N and P from domestic sewage. **Ecological Engineering**, v. 83, p. 120–124, out. 2015.

**APÊNDICE A - Areas aptitude for installation of *Brachiaria brizantha* to municipalities for Espírito Santo State, Brazil.**

Municipalities	Area (km <sup>2</sup> )	Classes	Dry Period			Moist Period		
			Area (km <sup>2</sup> )	%	% Mun	Area (km <sup>2</sup> )	%	% Mun
Afonso Cláudio	941,12	Improper area	5,14	0,01	0,55	5,14	0,01	0,55
		Apt				711,09	1,55	75,56
		Apt with complementary irrigation	19,37	0,04	2,06	0,04	0,00	0,00
		Inapt	1,14	0,00	0,12			
		Thermic restriction	155,98	0,34	16,57	212,00	0,46	22,53
		Thermic restriction with complementary irrigation	746,40	1,62	79,31			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,08	0,00	0,01			
		Improper soil	12,38	0,03	1,32	12,38	0,03	1,32
Água Doce do Norte	475,73	Improper area	3,13	0,01	0,66	3,13	0,01	0,66
		Apt				294,00	0,64	61,80
		Apt with complementary irrigation	112,03	0,24	23,55	128,95	0,28	27,11
		Apt with obligatory irrigation	82,26	0,18	17,29			
		Thermic restriction	0,42	0,00	0,09	0,10	0,00	0,02
		Thermic restriction with complementary irrigation	228,18	0,50	47,96			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,03	0,00	0,01			
		Improper soil	43,17	0,09	9,07	43,17	0,09	9,07
Águia Branca	454,47	Improper area	1,73	0,00	0,38	1,73	0,00	0,38
		Apt				267,82	0,58	58,93
		Apt with complementary irrigation	241,28	0,53	53,09	159,81	0,35	35,16
		Apt with obligatory irrigation	60,28	0,13	13,26			
		Thermic restriction with complementary irrigation	126,06	0,27	27,74			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,02	0,00	0,00			
		Improper soil	25,10	0,05	5,52	25,10	0,05	5,52
Alegre	772,69	Improper area	8,42	0,02	1,09	8,42	0,02	1,09
		Apt				699,42	1,52	90,52
		Apt with complementary irrigation	172,83	0,38	22,37			
		Inapt	0,66	0,00	0,09			
		Thermic restriction	318,88	0,69	41,27	28,23	0,06	3,65
		Thermic restriction with complementary irrigation	235,28	0,51	30,45			
		Improper soil	36,62	0,08	4,74	36,62	0,08	4,74
Alfredo Chaves	615,85	Improper area	3,92	0,01	0,64	3,92	0,01	0,64
		Apt	43,17	0,09	7,01	356,77	0,78	57,93
		Apt with complementary irrigation	0,02	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01
		Inapt	6,95	0,02	1,13			
		Thermic restriction	549,05	1,19	89,15	242,35	0,53	39,35
		Improper soil	12,75	0,03	2,07	12,75	0,03	2,07
Alto Rio Novo	228,19	Improper area	1,40	0,00	0,61	1,40	0,00	0,61
		Apt				201,66	0,44	88,37
		Apt with complementary irrigation	5,80	0,01	2,54	20,84	0,05	9,13
		Apt with obligatory irrigation	12,92	0,03	5,66			
		Thermic restriction				0,54	0,00	0,24
		Thermic restriction with complementary irrigation	204,21	0,44	89,49			
Anchieta	409,63	Improper area	13,00	0,03	3,17	13,00	0,03	3,17
		Apt	240,02	0,52	58,59	281,30	0,61	68,67
		Apt with complementary irrigation	93,08	0,20	22,72	86,47	0,19	21,11
		Thermic restriction	36,31	0,08	8,86	1,66	0,00	0,40
		Improper soil	25,27	0,05	6,17	25,27	0,05	6,17

		Improper area	1,21	0,00	0,62	1,21	0,00	0,62
		Apt				163,97	0,36	84,45
		Apt with complementary irrigation	80,69	0,18	41,56	20,40	0,04	10,51
Apiacá	194,16	Apt with obligatory irrigation	0,13	0,00	0,07			
		Thermic restriction	56,61	0,12	29,16	5,93	0,01	3,06
		Thermic restriction with complementary irrigation	52,87	0,12	27,23			
		Improper soil	1,88	0,00	0,97	1,88	0,00	0,97
		Improper area	33,38	0,07	2,35	33,38	0,07	2,35
		Apt	6,78	0,01	0,48	1.159,08	2,52	81,64
Aracruz	1.419,67	Apt with complementary irrigation	1.220,79	2,66	85,99	80,80	0,18	5,69
		Thermic restriction	9,21	0,02	0,65	0,03	0,00	0,00
		Thermic restriction with complementary irrigation	3,04	0,01	0,21			
		Improper soil	143,89	0,31	10,14	143,89	0,31	10,14
		Improper area	3,74	0,01	1,67	3,74	0,01	1,67
		Apt				197,04	0,43	88,14
Atílio Vivacqua	223,55	Apt with complementary irrigation	163,26	0,36	73,03	6,01	0,01	2,69
		Thermic restriction	31,10	0,07	13,91	2,68	0,01	1,20
		Thermic restriction with complementary irrigation	11,37	0,02	5,09			
		Improper soil	14,09	0,03	6,30	14,09	0,03	6,30
		Improper area	7,73	0,02	0,84	7,73	0,02	0,84
		Apt				293,42	0,64	32,04
		Apt with complementary irrigation	11,27	0,02	1,23	501,78	1,09	54,80
		Apt with obligatory irrigation	478,53	1,04	52,26			
Baixo Guandú	915,74	Inapt	0,01	0,00	0,00			
		Thermic restriction				17,76	0,04	1,94
		Thermic restriction with complementary irrigation	307,32	0,67	33,56			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	15,36	0,03	1,68			
		Improper soil	88,57	0,19	9,67	88,57	0,19	9,67
		Improper area	6,74	0,01	0,72	6,74	0,01	0,72
		Apt				372,58	0,81	39,69
		Apt with complementary irrigation	497,95	1,08	53,04	526,23	1,15	56,05
Barra de São Francisco	938,79	Apt with obligatory irrigation	246,82	0,54	26,29			
		Thermic restriction	0,53	0,00	0,06			
		Thermic restriction with complementary irrigation	153,41	0,33	16,34			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,01	0,00	0,00			
		Improper soil	31,54	0,07	3,36	31,54	0,07	3,36
		Improper area	4,76	0,01	1,11	4,76	0,01	1,11
		Apt				3,49	0,01	0,82
		Apt with complementary irrigation	18,73	0,04	4,37	414,57	0,90	96,78
Boa Esperança	428,37	Apt with obligatory irrigation	397,44	0,86	92,78			
		Thermic restriction with complementary irrigation	1,89	0,00	0,44			
		Improper soil	5,55	0,01	1,30	5,55	0,01	1,30
		Improper area	0,99	0,00	1,10	0,99	0,00	1,10
		Apt				80,69	0,18	90,37
		Apt with complementary irrigation	53,64	0,12	60,08	5,48	0,01	6,14
Bom Jesus do Norte	89,29	Apt with obligatory irrigation	0,09	0,00	0,10			
		Thermic restriction	4,84	0,01	5,42			
		Thermic restriction with complementary irrigation	27,59	0,06	30,90			
		Improper soil	1,37	0,00	1,54	1,37	0,00	1,54
		Improper area	0,60	0,00	0,17	0,60	0,00	0,17
Brejetuba	353,93	Apt				161,19	0,35	45,54
		Inapt	2,75	0,01	0,78			

			Thermic restriction	126,47	0,28	35,73	190,80	0,42	53,91
			Thermic restriction with complementary irrigation	222,51	0,48	62,87			
Cachoeiro de Itapemirim	878,61		Improper area	49,44	0,11	5,63	49,44	0,11	5,63
			Apt	38,18	0,08	4,35	726,15	1,58	82,65
			Apt with complementary irrigation	554,88	1,21	63,15	1,12	0,00	0,13
			Inapt	0,41	0,00	0,05			
			Thermic restriction	116,46	0,25	13,26	15,09	0,03	1,72
			Thermic restriction with complementary irrigation	32,43	0,07	3,69			
			Improper soil	86,81	0,19	9,88	86,81	0,19	9,88
Cariacica	279,65		Improper area	119,42	0,26	42,70	119,42	0,26	42,70
			Apt	39,22	0,09	14,02	104,30	0,23	37,30
			Apt with complementary irrigation	22,05	0,05	7,89	0,35	0,00	0,13
			Thermic restriction	47,47	0,10	16,97	4,12	0,01	1,47
			Thermic restriction with complementary irrigation	0,03	0,00	0,01			
			Improper soil	49,69	0,11	17,77	49,69	0,11	17,77
Castelo	664,40		Improper area	7,82	0,02	1,18	7,82	0,02	1,18
			Apt	0,06	0,00	0,01	428,89	0,93	64,55
			Apt with complementary irrigation	160,73	0,35	24,19	0,01	0,00	0,00
			Inapt	10,78	0,02	1,62			
			Thermic restriction	326,52	0,71	49,15	162,19	0,35	24,41
			Thermic restriction with complementary irrigation	93,01	0,20	14,00			
			Improper soil	65,48	0,14	9,86	65,48	0,14	9,86
Colatina	1.416,73		Improper area	53,08	0,12	3,75	53,08	0,12	3,75
			Apt				684,64	1,49	48,32
			Apt with complementary irrigation	505,98	1,10	35,71	563,53	1,23	39,78
			Apt with obligatory irrigation	570,10	1,24	40,24			
			Thermic restriction	0,37	0,00	0,03	0,89	0,00	0,06
			Thermic restriction with complementary irrigation	172,06	0,37	12,15			
			Thermic restriction with obligatory irrigation	0,55	0,00	0,04			
			Improper soil	114,60	0,25	8,09	114,60	0,25	8,09
Conceição da Barra	1.185,05		Improper area	128,66	0,28	10,86	128,66	0,28	10,86
			Apt				0,01	0,00	0,00
			Apt with complementary irrigation	996,53	2,17	84,09	1.005,14	2,19	84,82
			Apt with obligatory irrigation	8,61	0,02	0,73			
			Improper soil	41,89	0,09	3,53	41,89	0,09	3,53
Conceição do Castelo	369,45		Improper area	2,45	0,01	0,66	2,45	0,01	0,66
			Apt				192,15	0,42	52,01
			Inapt	1,54	0,00	0,42			
			Thermic restriction	296,68	0,65	80,30	170,62	0,37	46,18
			Thermic restriction with complementary irrigation	64,55	0,14	17,47			
			Improper soil	4,22	0,01	1,14	4,22	0,01	1,14
Divino de São Lourenço	174,09		Improper area	21,16	0,05	12,16	21,16	0,05	12,16
			Apt				120,98	0,26	69,49
			Inapt	0,57	0,00	0,33			
			Thermic restriction	149,59	0,33	85,93	29,18	0,06	16,76
			Improper soil	2,77	0,01	1,59	2,77	0,01	1,59
Domingos Martins	1.229,37		Improper area	8,88	0,02	0,72	8,88	0,02	0,72
			Apt	14,21	0,03	1,16	271,82	0,59	22,11
			Inapt	14,27	0,03	1,16			
			Thermic restriction	1.166,61	2,54	94,89	923,44	2,01	75,11
			Thermic restriction with complementary irrigation	0,17	0,00	0,01			
			Improper soil	25,23	0,05	2,05	25,23	0,05	2,05

Dores do Rio Preto	158,30	Improper area	19,60	0,04	12,38	19,60	0,04	12,38
		Apt				75,56	0,16	47,74
		Inapta	2,45	0,01	1,55			
		Thermic restriction	125,33	0,27	79,17	52,56	0,11	33,21
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,02	0,00	0,01			
		Improper soil	3,42	0,01	2,16	3,42	0,01	2,16
Ecoporanga	2.287,59	Improper area	9,94	0,02	0,43	9,94	0,02	0,43
		Apt				751,63	1,64	32,86
		Apt with complementary irrigation	1.185,08	2,58	51,80	1.419,42	3,09	62,05
		Apt with obligatory irrigation	788,56	1,72	34,47			
		Thermic restriction	0,26	0,00	0,01			
		Thermic restriction with complementary irrigation	196,68	0,43	8,60			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,04	0,00	0,00			
		Improper soil	94,54	0,21	4,13	94,54	0,21	4,13
Fundão	286,77	Improper area	34,17	0,07	11,92	34,17	0,07	11,92
		Apt	110,70	0,24	38,60	222,08	0,48	77,44
		Apt with complementary irrigation	91,27	0,20	31,83	1,88	0,00	0,66
		Thermic restriction	23,78	0,05	8,29	1,79	0,00	0,63
		Improper soil	26,67	0,06	9,30	26,67	0,06	9,30
Governador Lindenberg	359,91	Improper area	1,75	0,00	0,49	1,75	0,00	0,49
		Apt				340,53	0,74	94,61
		Apt with complementary irrigation	301,93	0,66	83,89	4,00	0,01	1,11
		Apt with obligatory irrigation	7,30	0,02	2,03			
		Thermic restriction	0,01	0,00	0,00			
		Thermic restriction with complementary irrigation	35,27	0,08	9,80			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,02	0,00	0,01			
		Improper soil	13,63	0,03	3,79	13,63	0,03	3,79
Guaçuí	468,84	Improper area	3,63	0,01	0,77	3,63	0,01	0,77
		Apt				430,38	0,94	91,80
		Thermic restriction	453,40	0,99	96,71	30,84	0,07	6,58
		Thermic restriction with complementary irrigation	7,72	0,02	1,65			
		Improper soil	2,75	0,01	0,59	2,75	0,01	0,59
Guarapari	589,14	Improper area	246,32	0,54	41,81	246,32	0,54	41,81
		Apt	114,02	0,25	19,35	319,23	0,69	54,19
		Apt with complementary irrigation	4,36	0,01	0,74	0,20	0,00	0,03
		Thermic restriction	213,05	0,46	36,16	12,01	0,03	2,04
		Improper soil	8,15	0,02	1,38	8,15	0,02	1,38
Ibatiba	238,98	Improper area	2,56	0,01	1,07	2,56	0,01	1,07
		Apt				149,07	0,32	62,38
		Inapta	3,43	0,01	1,44			
		Thermic restriction	39,53	0,09	16,54	62,19	0,14	26,02
		Thermic restriction with complementary irrigation	167,87	0,37	70,24			
Ibitirama	330,76	Improper area	6,19	0,01	3,08	6,19	0,01	3,08
		Apt	27,84	0,06	13,84	167,98	0,37	83,49
		Apt with complementary irrigation	62,98	0,14	31,30	0,29	0,00	0,14
		Thermic restriction	77,95	0,17	38,74	1,55	0,00	0,77
		Thermic restriction with complementary irrigation	1,06	0,00	0,53			
Ibitirama	330,76	Improper soil	25,19	0,05	12,52	25,19	0,05	12,52
		Improper area	91,61	0,20	27,70	91,61	0,20	27,70
		Apt				181,59	0,40	54,90
		Inapta	1,15	0,00	0,35			



		Thermic restriction	237,84	0,52	71,91	57,45	0,13	17,37
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,05	0,00	0,01	2,59	0,01	1,27
Iconha	203,56	Improper area	2,59	0,01	1,27	182,16	0,40	89,49
		Apt	47,02	0,10	23,10			
		Apt with complementary irrigation	8,78	0,02	4,31			
		Thermic restriction	145,17	0,32	71,32	18,81	0,04	9,24
Irupi	185,01	Improper area	5,15	0,01	2,78	5,15	0,01	2,78
		Inapt	0,10	0,00	0,05	144,83	0,32	78,28
		Apt						
		Thermic restriction	57,71	0,13	31,20	31,34	0,07	16,94
		Thermic restriction with complementary irrigation	118,36	0,26	63,97			
		Improper soil	3,69	0,01	2,00	3,69	0,01	2,00
Itaguaçu	535,18	Improper area	2,46	0,01	0,46	2,46	0,01	0,46
		Apt				265,63	0,58	49,63
		Apt with complementary irrigation	88,86	0,19	16,60	214,22	0,47	40,03
		Apt with obligatory irrigation	259,33	0,56	48,46			
		Inapt	0,05	0,00	0,01			
		Thermic restriction	0,04	0,00	0,01	24,20	0,05	4,52
		Thermic restriction with complementary irrigation	154,06	0,34	28,79			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	1,73	0,00	0,32			
		Improper soil	28,65	0,06	5,35	28,65	0,06	5,35
Itapemirim	562,07	Improper area	51,46	0,11	9,15	51,46	0,11	9,15
		Apt	0,33	0,00	0,06	122,11	0,27	21,72
		Apt with complementary irrigation	450,02	0,98	80,06	328,44	0,71	58,43
		Thermic restriction	0,16	0,00	0,03	59,25	0,13	10,54
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,04	0,00	0,01			
		Improper soil	59,25	0,13	10,54	59,25	0,13	10,54
Itarana	295,21	Improper area	0,98	0,00	0,33	0,98	0,00	0,33
		Apt				188,60	0,41	63,89
		Apt with complementary irrigation	50,78	0,11	17,20	3,91	0,01	1,33
		Apt with obligatory irrigation	20,32	0,04	6,88			
		Thermic restriction	37,11	0,08	12,57	88,32	0,19	29,92
		Thermic restriction with complementary irrigation	172,53	0,38	58,44			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,10	0,00	0,03			
		Improper soil	13,39	0,03	4,54	13,39	0,03	4,54
Iúna	459,88	Improper area	57,10	0,12	12,42	57,10	0,12	12,42
		Apt				290,08	0,63	63,08
		Inapt	7,50	0,02	1,63			
		Thermic restriction	184,40	0,40	40,10	109,84	0,24	23,88
		Thermic restriction with complementary irrigation	207,90	0,45	45,21			
		Improper soil	1,39	0,00	0,30	1,39	0,00	0,30
Jaguaré	659,43	Improper area	9,96	0,02	1,51	9,96	0,02	1,51
		Apt				437,48	0,95	66,34
		Apt with complementary irrigation	545,35	1,19	82,70	108,03	0,24	16,38
		Apt with obligatory irrigation	0,17	0,00	0,03			
		Improper soil	103,95	0,23	15,76	103,95	0,23	15,76
Jerônimo Monteiro	162,10	Improper area	2,17	0,00	1,34	2,17	0,00	1,34
		Apt				155,25	0,34	95,78
		Apt with complementary irrigation	105,69	0,23	65,20	0,12	0,00	0,07
		Thermic restriction	31,57	0,07	19,47	0,73	0,00	0,45
		Thermic restriction with complementary irrigation	18,84	0,04	11,62			
		Improper soil	3,83	0,01	2,37	3,83	0,01	2,37

João Neiva	284,67	Improper area	4,78	0,01	1,68	4,78	0,01	1,68
		Apt	0,34	0,00	0,12	212,38	0,46	74,61
		Apt with complementary irrigation	143,87	0,31	50,54	0,44	0,00	0,16
		Apt with obligatory irrigation	0,17	0,00	0,06			
		Thermic restriction	48,04	0,10	16,87	7,48	0,02	2,63
		Thermic restriction with complementary irrigation	27,89	0,06	9,80			
		Improper soil	59,58	0,13	20,93	59,58	0,13	20,93
Laranja da Terra	458,74	Improper area	0,99	0,00	0,22	0,99	0,00	0,22
		Apt				359,11	0,78	78,28
		Apt with complementary irrigation	78,29	0,17	17,07	96,60	0,21	21,06
		Apt with obligatory irrigation	149,75	0,33	32,64			
		Thermic restriction				0,76	0,00	0,17
		Thermic restriction with complementary irrigation	226,75	0,49	49,43			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	1,66	0,00	0,36			
Linhares	3.501,64	Improper area	340,95	0,74	9,74	340,95	0,74	9,74
		Apt				1.524,55	3,32	43,54
		Apt with complementary irrigation	2.017,84	4,39	57,63	616,53	1,34	17,61
		Apt with obligatory irrigation	1,63	0,00	0,05			
		Thermic restriction	0,81	0,00	0,02			
		Thermic restriction with complementary irrigation	120,81	0,26	3,45			
		Improper soil	1.007,44	2,19	28,77	1.007,44	2,19	28,77
Mantenópolis	320,52	Improper area	3,06	0,01	0,96	3,06	0,01	0,96
		Apt				208,46	0,45	65,04
		Apt with complementary irrigation	4,12	0,01	1,29	104,43	0,23	32,58
		Apt with obligatory irrigation	18,10	0,04	5,65			
		Thermic restriction				0,14	0,00	0,04
		Thermic restriction with complementary irrigation	272,48	0,59	85,01			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	17,98	0,04	5,61			
Marataízes	130,23	Áreas impróprias	13,12	0,03	10,07	13,12	0,03	10,07
		Apt				0,05	0,00	0,04
		Apta com irrigação complementar	108,57	0,24	83,37	108,61	0,24	83,40
		Apta com irrigação obrigatória	0,04	0,00	0,03			
		Improper soil	7,61	0,02	5,84	7,61	0,02	5,84
Marechal Floriano	285,39	Improper area	1,22	0,00	0,43	1,22	0,00	0,43
		apt				91,16	0,20	31,94
		Thermic restriction	284,17	0,62	99,57	193,01	0,42	67,63
Marilândia	308,96	Improper area	2,77	0,01	0,90	2,77	0,01	0,90
		Apt				240,32	0,52	77,78
		Apt with complementary irrigation	207,32	0,45	67,10	29,34	0,06	9,50
		Apt with obligatory irrigation	22,81	0,05	7,38			
		Thermic restriction	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01
		Thermic restriction with complementary irrigation	39,52	0,09	12,79			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,01	0,00	0,00			
		Improper soil	36,52	0,08	11,82	36,52	0,08	11,82
Mimoso do Sul	869,90	Improper area	6,67	0,01	0,77	6,67	0,01	0,77
		Apt				619,05	1,35	71,16
		Apt with complementary irrigation	475,48	1,03	54,66	175,62	0,38	20,19
		Apt with obligatory irrigation	0,33	0,00	0,04			
		Thermic restriction	0,64	0,00	0,07	25,08	0,05	2,88
		Thermic restriction with complementary irrigation	221,10	0,48	25,42			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	122,16	0,27	14,04			
		Improper soil	40,91	0,09	4,70	40,91	0,09	4,70

		Improper area	4,95	0,01	0,45	4,95	0,01	0,45
		Apt				0,57	0,00	0,05
Montanha	1.099,22	Apt with complementary irrigation	11,54	0,03	1,05	1.091,77	2,38	99,32
		Apt with obligatory irrigation	1.080,44	2,35	98,29			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,36	0,00	0,03			
		Improper area	3,75	0,01	0,69	3,75	0,01	0,69
		Apt				0,20	0,00	0,04
Mucurici	541,40	Apt with complementary irrigation	16,90	0,04	3,12	533,84	1,16	98,60
		Apt with obligatory irrigation	516,94	1,13	95,48			
		Improper area	3,52	0,01	0,52	3,52	0,01	0,52
		Apt				423,03	0,92	62,27
		Apt with complementary irrigation	2,84	0,01	0,42			
Muniz Freire	679,34	Inapt	8,14	0,02	1,20			
		Thermic restriction	422,00	0,92	62,12	228,60	0,50	33,65
		Thermic restriction with complementary irrigation	218,66	0,48	32,19			
		Improper soil	24,19	0,05	3,56	24,19	0,05	3,56
		Improper area	3,85	0,01	1,18	3,85	0,01	1,18
		Apt	63,54	0,14	19,39	309,93	0,67	94,57
		Apt with complementary irrigation						
		Inapt	0,10	0,00	0,03			
Muqui	327,71	Thermic restriction	186,94	0,41	57,05	10,95	0,02	3,34
		Thermic restriction with complementary irrigation	70,30	0,15	21,45			
		Improper soil	2,98	0,01	0,91	2,98	0,01	0,91
		Improper area	28,45	0,06	1,97	28,45	0,06	1,97
		Apt				1.166,48	2,54	80,90
		Apt with complementary irrigation	506,53	1,10	35,13			
Nova Venécia	1.441,94	Apt with obligatory irrigation	810,15	1,76	56,19			
		Thermic restriction with complementary irrigation	30,61	0,07	2,12			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,02	0,00	0,00			
		Improper soil	66,18	0,14	4,59	66,18	0,14	4,59
		Improper area	4,15	0,01	0,50	4,15	0,01	0,50
		Apt				382,94	0,83	46,14
		Apt with complementary irrigation	253,86	0,55	30,59	288,85	0,63	34,80
Pancas	829,93	Apt with obligatory irrigation	174,42	0,38	21,02			
		Thermic restriction				0,09	0,00	0,01
		Thermic restriction with complementary irrigation	243,32	0,53	29,32			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,25	0,00	0,03			
		Improper soil	152,28	0,33	18,35	152,28	0,33	18,35
		Improper area	7,01	0,02	1,62	7,01	0,02	1,62
		Apt				0,29	0,00	0,07
Pedro Canário	433,61	Apt with complementary irrigation	92,80	0,20	21,40	423,99	0,92	97,78
		Apt with obligatory irrigation	331,19	0,72	76,38			
		Improper soil	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
		Improper area	29,13	0,06	2,99	29,13	0,06	2,99
		Apt				0,10	0,00	0,01
Pinheiros	972,75	Apt with complementary irrigation	185,81	0,40	19,10	943,52	2,05	97,00
		Apt with obligatory irrigation	757,79	1,65	77,90			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,02	0,00	0,00			
		Improper area	8,45	0,02	11,42	8,45	0,02	11,42
		Apt	13,54	0,03	18,31	28,39	0,06	38,39
Piúma	73,96	Apt with complementary irrigation	26,64	0,06	36,01	11,79	0,03	15,94
		Improper soil	24,64	0,05	33,32	24,64	0,05	33,32

Ponto Belo	360,60	Improper area	3,04	0,01	0,84	3,04	0,01	0,84
		Apt				4,56	0,01	1,27
		Apt with complementary irrigation	172,69	0,38	47,89	350,03	0,76	97,07
		Apt with obligatory irrigation	180,31	0,39	50,00			
		Thermic restriction with complementary irrigation	1,60	0,00	0,44			
		Improper soil	2,97	0,01	0,82	2,97	0,01	0,82
Presidente Kennedy	583,53	Improper area	4,98	0,01	0,85	4,98	0,01	0,85
		Apt				64,78	0,14	11,10
		Apt with complementary irrigation	490,83	1,07	84,11	452,86	0,99	77,61
		Apt with obligatory irrigation	26,33	0,06	4,51			
		Thermic restriction	0,17	0,00	0,03			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,29	0,00	0,05			
Rio Bananal	642,02	Improper area	3,98	0,01	0,62	3,98	0,01	0,62
		Apt				604,35	1,32	94,13
		Apt with complementary irrigation	576,93	1,26	89,86	3,75	0,01	0,58
		Apt with obligatory irrigation	0,51	0,00	0,08			
		Thermic restriction	0,00	0,00	0,00			
		Thermic restriction with complementary irrigation	30,66	0,07	4,78			
Rio Novo do Sul	204,50	Improper area	2,37	0,01	1,16	2,37	0,01	1,16
		Apt	28,86	0,06	14,11	162,33	0,35	79,38
		Apt with complementary irrigation	56,96	0,12	27,85	4,21	0,01	2,06
		Thermic restriction	94,12	0,20	46,02	13,39	0,03	6,55
		Improper soil	22,20	0,05	10,86	22,20	0,05	10,86
Santa Leopoldina	717,99	Improper area	1,80	0,00	0,25	1,80	0,00	0,25
		Apt	205,11	0,45	28,57	540,49	1,18	75,28
		Apt with complementary irrigation	12,37	0,03	1,72			
		Thermic restriction	481,75	1,05	67,10	158,75	0,35	22,11
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,01	0,00	0,00			
		Improper soil	16,95	0,04	2,36	16,95	0,04	2,36
Santa Maria de Jetibá	735,33	Improper area	4,30	0,01	0,58	4,30	0,01	0,58
		Apt				117,06	0,25	15,92
		Inapt	1,41	0,00	0,19			
		Thermic restriction	712,80	1,55	96,94	613,97	1,34	83,50
		Thermic restriction with complementary irrigation	16,82	0,04	2,29			
Santa Teresa	683,11	Improper area	48,41	0,11	7,09	48,41	0,11	7,09
		Apt	1,74	0,00	0,26	397,25	0,86	58,15
		Apt with complementary irrigation	93,43	0,20	13,68	0,22	0,00	0,03
		Apt with obligatory irrigation	0,62	0,00	0,09			
		Thermic restriction	307,75	0,67	45,05	215,29	0,47	31,52
		Thermic restriction with complementary irrigation	209,10	0,46	30,61			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,12	0,00	0,02			
		Improper soil	21,94	0,05	3,21	21,94	0,05	3,21
São Domingos do Norte	298,54	Improper area	0,48	0,00	0,16	0,48	0,00	0,16
		Apt				252,57	0,55	84,60
		Apt with complementary irrigation	261,02	0,57	87,43	43,59	0,09	14,60
		Apt with obligatory irrigation	26,69	0,06	8,94			
		Thermic restriction with complementary irrigation	8,45	0,02	2,83			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,01	0,00	0,00			
		Improper soil	1,89	0,00	0,63	1,89	0,00	0,63

São Gabriel da Palha	434,81	Improper area	5,55	0,01	1,28	5,55	0,01	1,28
		Apt				251,44	0,55	57,83
		Apt with complementary irrigation	338,35	0,74	77,82	177,67	0,39	40,86
		Apt with obligatory irrigation	84,69	0,18	19,48			
		Thermic restriction with complementary irrigation	6,06	0,01	1,39			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,00	0,00	0,00			
		Improper soil	0,15	0,00	0,03	0,15	0,00	0,03
São José do Calçado	273,82	Improper area	1,58	0,00	0,58	1,58	0,00	0,58
		Apt				249,43	0,54	91,09
		Apt with complementary irrigation	39,76	0,09	14,52	0,06	0,00	0,02
		Apt with obligatory irrigation	0,06	0,00	0,02			
		Inapt	0,10	0,00	0,04			
		Thermic restriction	114,04	0,25	41,65	13,41	0,03	4,90
		Thermic restriction with complementary irrigation	108,92	0,24	39,78			
Improper soil	8,70	0,02	3,18	8,70	0,02	3,18		
São Mateus	2.338,18	Improper area	52,71	0,11	2,25	52,71	0,11	2,25
		Apt				337,63	0,73	14,44
		Apt with complementary irrigation	1.675,56	3,65	71,66	1.723,04	3,75	73,69
		Apt with obligatory irrigation	384,54	0,84	16,45			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,57	0,00	0,02			
São Roque do Canaã	341,99	Improper area	3,92	0,01	1,15	3,92	0,01	1,15
		Apt				256,60	0,56	75,03
		Apt with complementary irrigation	144,09	0,31	42,13	47,63	0,10	13,93
		Apt with obligatory irrigation	69,64	0,15	20,36			
		Thermic restriction	8,01	0,02	2,34	6,62	0,01	1,94
		Thermic restriction with complementary irrigation	88,94	0,19	26,01			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,16	0,00	0,05			
Improper soil	27,22	0,06	7,96	27,22	0,06	7,96		
Serra	547,44	Improper area	148,45	0,32	27,12	148,45	0,32	27,12
		Apt	135,90	0,30	24,82	261,36	0,57	47,74
		Apt with complementary irrigation	125,25	0,27	22,88	2,51	0,01	0,46
		Thermic restriction	2,72	0,01	0,50			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,00	0,00	0,00			
Sooretama	586,48	Improper area	222,01	0,48	37,85	222,01	0,48	37,85
		Apt				357,66	0,78	60,99
		Apt with complementary irrigation	361,06	0,79	61,56	3,51	0,01	0,60
		Apt with obligatory irrigation	0,11	0,00	0,02			
		Improper soil	3,29	0,01	0,56	3,29	0,01	0,56
Vargem Alta	413,70	Improper area	3,39	0,01	0,82	3,39	0,01	0,82
		Apt	11,95	0,03	2,89	186,69	0,41	45,13
		Apt with complementary irrigation	13,67	0,03	3,30	0,05	0,00	0,01
		Inapt	6,17	0,01	1,49			
		Thermic restrictio	372,99	0,81	90,16	218,11	0,47	52,72
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,07	0,00	0,02			
Improper soil	5,47	0,01	1,32	5,47	0,01	1,32		
Venda Nova do Imigrante	185,99	Improper area	3,25	0,01	1,75	3,25	0,01	1,75
		Apt				38,85	0,08	20,89
		Inapt	2,16	0,00	1,16			

		Thermic restrictio	175,51	0,38	94,37	139,98	0,30	75,26
		Thermic restriction with complementary irrigation	1,16	0,00	0,62			
		Improper soil	3,91	0,01	2,10	3,91	0,01	2,10
Viana	312,22	Improper area	8,85	0,02	2,83	8,85	0,02	2,83
		Apt	126,92	0,28	40,65	302,68	0,66	96,94
		Apt with complementary irrigation	77,48	0,17	24,81			
		Thermic restriction	98,97	0,22	31,70	0,70	0,00	0,22
		Improper area	1,55	0,00	0,36	1,55	0,00	0,36
Vila Pavão	433,23	Apt				72,15	0,16	16,65
		Apt with complementary irrigation	264,17	0,57	60,98	342,56	0,75	79,07
		Apt with obligatory irrigation	146,84	0,32	33,90			
		Thermic restriction with complementary irrigation	3,69	0,01	0,85			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,01	0,00	0,00			
		Improper soil	16,98	0,04	3,92	16,98	0,04	3,92
		Improper area	2,04	0,00	0,43	2,04	0,00	0,43
Vila Valério	470,21	Apt				359,72	0,78	76,50
		Apt with complementary irrigation	421,92	0,92	89,73	108,45	0,24	23,06
		Apt with obligatory irrigation	37,54	0,08	7,98			
		Thermic restriction with complementary irrigation	8,70	0,02	1,85			
		Improper area	106,37	0,23	50,68	106,37	0,23	50,68
Vila Velha	209,87	Apt	15,96	0,03	7,60	77,93	0,17	37,13
		Apt with complementary irrigation	79,49	0,17	37,88	17,57	0,04	8,37
		Thermic restriction	0,05	0,00	0,02			
		Improper soil	5,63	0,01	2,68	5,63	0,01	2,68
		Improper area	27,49	0,06	31,84	27,49	0,06	31,84
Vitória	86,33	Apt				9,21	0,02	10,67
		Apt with complementary irrigation	9,26	0,02	10,72	0,05	0,00	0,06
		Improper soil	44,09	0,10	51,07	44,09	0,10	51,07
		Improper area						

**APÊNDICE B - Areas aptitude for installation of *Cynodon dactylon* to municipalities for Espírito Santo State, Brazil.**

Municipalities	Area (km <sup>2</sup> )	Classes	Dry Period			Moist Period		
			Area (km <sup>2</sup> )	%	% Mun	Area (km <sup>2</sup> )	%	% Mun
Afonso Cláudio	941,12	Improper area	5,14	0,01	0,55	5,14	0,01	0,55
		Apt	155,98	0,34	16,57	923,09	2,01	98,08
		Apt with complementary irrigation	765,76	1,67	81,37	0,04	0,00	0,00
		Apt with obligatory irrigation	0,08	0,00	0,01			
		Inapt	1,14	0,00	0,12			
		Improper soil	12,38	0,03	1,32	12,38	0,03	1,32
Água Doce do Norte	475,73	Improper area	3,13	0,01	0,66	3,13	0,01	0,66
		Apt	0,42	0,00	0,09	294,09	0,64	61,82
		Apt with complementary irrigation	340,21	0,74	71,51	128,95	0,28	27,11
		Apt with obligatory irrigation	82,30	0,18	17,30			
		Improper soil	43,17	0,09	9,07	43,17	0,09	9,07
Águia Branca	454,47	Improper area	1,73	0,00	0,38	1,73	0,00	0,38
		Apt				267,82	0,58	58,93
		Apt with complementary irrigation	367,34	0,80	80,83	159,81	0,35	35,16
		Apt with obligatory irrigation	60,30	0,13	13,27			
		Improper soil	25,10	0,05	5,52	25,10	0,05	5,52
Alegre	772,69	Improper area	8,42	0,02	1,09	8,42	0,02	1,09
		Apt	318,88	0,69	41,27	727,65	1,58	94,17
		Apt with complementary irrigation	408,11	0,89	52,82			
		Inapt	0,66	0,00	0,09			
		Improper soil	36,62	0,08	4,74	36,62	0,08	4,74
Alfredo Chaves	615,85	Improper area	3,92	0,01	0,64	3,92	0,01	0,64
		Apt	592,22	1,29	96,16	599,12	1,30	97,28
		Apt with complementary irrigation	0,02	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01
		Inapt	6,95	0,02	1,13			
		Improper soil	12,75	0,03	2,07	12,75	0,03	2,07
Alto Rio Novo	228,19	Improper area	1,40	0,00	0,61	1,40	0,00	0,61
		Apt				202,20	0,44	88,61
		Apt with complementary irrigation	210,01	0,46	92,03	20,84	0,05	9,13
		Apt with obligatory irrigation	12,92	0,03	5,66			
Anchieta	409,63	Improper area	13,00	0,03	3,17	13,00	0,03	3,17
		Apt	276,33	0,60	67,46	282,96	0,62	69,08
		Apt with complementary irrigation	93,08	0,20	22,72	86,47	0,19	21,11
		Improper soil	25,27	0,05	6,17	25,27	0,05	6,17
Apiacá	194,16	Improper area	1,21	0,00	0,62	1,21	0,00	0,62
		Apt	56,61	0,12	29,16	169,91	0,37	87,51
		Apt with complementary irrigation	133,57	0,29	68,79	20,40	0,04	10,51
		Apt with obligatory irrigation	0,13	0,00	0,07			
Aracruz	1.419,67	Improper soil	1,88	0,00	0,97	1,88	0,00	0,97
		Improper area	33,38	0,07	2,35	33,38	0,07	2,35
		Apt	15,99	0,03	1,13	1.159,11	2,52	81,65
		Apt with complementary irrigation	1.223,83	2,66	86,21	80,80	0,18	5,69
Atílio Vivacqua	223,55	Improper soil	143,89	0,31	10,14	143,89	0,31	10,14
		Improper area	3,74	0,01	1,67	3,74	0,01	1,67
		Apt	31,10	0,07	13,91	199,71	0,43	89,34
		Apt with complementary irrigation	174,63	0,38	78,12	6,01	0,01	2,69
		Improper soil	14,09	0,03	6,30	14,09	0,03	6,30

Baixo Guandú	915,74	Improper area	7,73	0,02	0,84	7,73	0,02	0,84
		Apt				311,18	0,68	33,98
		Apt with complementary irrigation	318,59	0,69	34,79	501,78	1,09	54,80
		Apt with obligatory irrigation	493,88	1,07	53,93			
		Inapto	0,01	0,00	0,00			
		Improper soil	88,57	0,19	9,67	88,57	0,19	9,67
Barra de São Francisco	938,79	Improper area	6,74	0,01	0,72	6,74	0,01	0,72
		Apt	0,53	0,00	0,06	372,58	0,81	39,69
		Apt with complementary irrigation	651,36	1,42	69,38	526,23	1,15	56,05
		Apt with obligatory irrigation	246,83	0,54	26,29			
		Improper soil	31,54	0,07	3,36	31,54	0,07	3,36
Boa Esperança	428,37	Improper area	4,76	0,01	1,11	4,76	0,01	1,11
		Apt				3,49	0,01	0,82
		Apt with complementary irrigation	20,62	0,04	4,81	414,57	0,90	96,78
		Apt with obligatory irrigation	397,44	0,86	92,78			
		Improper soil	5,55	0,01	1,30	5,55	0,01	1,30
Bom Jesus do Norte	89,29	Improper area	0,99	0,00	1,10	0,99	0,00	1,10
		Apt	4,84	0,01	5,42	80,69	0,18	90,37
		Apt with complementary irrigation	81,24	0,18	90,98	5,48	0,01	6,14
		Apt with obligatory irrigation	0,09	0,00	0,10			
		Improper soil	1,37	0,00	1,54	1,37	0,00	1,54
Brejetuba	353,93	Improper area	0,60	0,00	0,17	0,60	0,00	0,17
		Apt	126,47	0,28	35,73	351,99	0,77	99,45
		Apt with complementary irrigation	222,51	0,48	62,87			
		Inapt	2,75	0,01	0,78			
Cachoeiro de Itapemirim	878,61	Improper area	49,44	0,11	5,63	49,44	0,11	5,63
		Apt	154,64	0,34	17,60	741,24	1,61	84,37
		Apt with complementary irrigation	587,30	1,28	66,84	1,12	0,00	0,13
		Inapt	0,41	0,00	0,05			
		Improper soil	86,81	0,19	9,88	86,81	0,19	9,88
Cariacica	279,65	Improper area	119,42	0,26	42,70	119,42	0,26	42,70
		Apt	86,69	0,19	31,00	108,42	0,24	38,77
		Apt with complementary irrigation	22,08	0,05	7,90	0,35	0,00	0,13
		Improper soil	49,69	0,11	17,77	49,69	0,11	17,77
Castelo	664,40	Improper area	7,82	0,02	1,18	7,82	0,02	1,18
		Apt	326,58	0,71	49,15	591,09	1,29	88,97
		Apt with complementary irrigation	253,74	0,55	38,19	0,01	0,00	0,00
		Inapt	10,78	0,02	1,62			
		Improper soil	65,48	0,14	9,86	65,48	0,14	9,86
Colatina	1.416,73	Improper area	53,08	0,12	3,75	53,08	0,12	3,75
		Apt	0,37	0,00	0,03	685,52	1,49	48,39
		Apt with complementary irrigation	678,04	1,48	47,86	563,53	1,23	39,78
		Apt with obligatory irrigation	570,64	1,24	40,28			
		Improper soil	114,60	0,25	8,09	114,60	0,25	8,09
Conceição da Barra	1.185,05	Improper area	128,66	0,28	10,86	128,66	0,28	10,86
		Apt				0,01	0,00	0,00
		Apt with complementary irrigation	996,53	2,17	84,09	1.005,14	2,19	84,82
		Apt with obligatory irrigation	8,61	0,02	0,73			
		Improper soil	41,89	0,09	3,53	41,89	0,09	3,53
Conceição do Castelo	369,45	Improper area	2,45	0,01	0,66	2,45	0,01	0,66
		Apt	296,68	0,65	80,30	362,77	0,79	98,19





Iconha	203,56	Improper area	2,59	0,01	1,27	2,59	0,01	1,27
		Apt	192,19	0,42	94,42	200,97	0,44	98,73
		Apt with complementary irrigation	8,78	0,02	4,31			
Irupi	185,01	Improper area	5,15	0,01	2,78	5,15	0,01	2,78
		Apt	57,71	0,13	31,20	176,17	0,38	95,22
		Apt with complementary irrigation	118,36	0,26	63,97			
		Inapt	0,10	0,00	0,05			
		Improper soil	3,69	0,01	2,00	3,69	0,01	2,00
Itaguaçu	535,18	Improper area	2,46	0,01	0,46	2,46	0,01	0,46
		Apt	0,04	0,00	0,01	289,84	0,63	54,16
		Apt with complementary irrigation	242,91	0,53	45,39	214,22	0,47	40,03
		Apt with obligatory irrigation	261,06	0,57	48,78			
		Inapt	0,05	0,00	0,01			
		Improper soil	28,65	0,06	5,35	28,65	0,06	5,35
Itapemirim	562,07	Improper area	51,46	0,11	9,15	51,46	0,11	9,15
		Apt	0,49	0,00	0,09	122,11	0,27	21,72
		Apt with complementary irrigation	450,05	0,98	80,07	328,44	0,71	58,43
		Improper soil	59,25	0,13	10,54	59,25	0,13	10,54
Itarana	295,21	Improper area	0,98	0,00	0,33	0,98	0,00	0,33
		Apt	37,11	0,08	12,57	276,92	0,60	93,81
		Apt with complementary irrigation	223,31	0,49	75,64	3,91	0,01	1,33
		Apt with obligatory irrigation	20,42	0,04	6,92			
		Improper soil	13,39	0,03	4,54	13,39	0,03	4,54
Lúna	459,88	Improper area	57,10	0,12	12,42	57,10	0,12	12,42
		Apt	184,40	0,40	40,10	399,92	0,87	86,96
		Apt with complementary irrigation	207,90	0,45	45,21			
		Inapt	7,50	0,02	1,63			
		Improper soil	1,39	0,00	0,30	1,39	0,00	0,30
Jaguaré	659,43	Improper area	9,96	0,02	1,51	9,96	0,02	1,51
		Apt				437,48	0,95	66,34
		Apt with complementary irrigation	545,35	1,19	82,70	108,03	0,24	16,38
		Apt with obligatory irrigation	0,17	0,00	0,03			
		Improper soil	103,95	0,23	15,76	103,95	0,23	15,76
Jerônimo Monteiro	162,10	Improper area	2,17	0,00	1,34	2,17	0,00	1,34
		Apt	31,57	0,07	19,47	155,98	0,34	96,23
		Apt with complementary irrigation	124,53	0,27	76,82	0,12	0,00	0,07
		Improper soil	3,83	0,01	2,37	3,83	0,01	2,37
João Neiva	284,67	Improper area	4,78	0,01	1,68	4,78	0,01	1,68
		Apt	48,38	0,11	16,99	219,86	0,48	77,23
		Apt with complementary irrigation	171,76	0,37	60,34	0,44	0,00	0,16
		Apt with obligatory irrigation	0,17	0,00	0,06			
		Improper soil	59,58	0,13	20,93	59,58	0,13	20,93
Laranja da Terra	458,74	Improper area	0,99	0,00	0,22	0,99	0,00	0,22
		Apt				359,87	0,78	78,45
		Apt with complementary irrigation	305,04	0,66	66,50	96,60	0,21	21,06
		Apt with obligatory irrigation	151,41	0,33	33,01			
Linhares	3.501,64	Improper area	340,95	0,74	9,74	340,95	0,74	9,74
		Apt	0,81	0,00	0,02	1.524,55	3,32	43,54
		Apt with complementary irrigation	2.138,64	4,65	61,08	616,53	1,34	17,61
		Apt with obligatory irrigation	1,63	0,00	0,05			
		Improper soil	1.007,44	2,19	28,77	1.007,44	2,19	28,77

Mantenópolis	320,52	Improper area	3,06	0,01	0,96	3,06	0,01	0,96
		Apt				208,59	0,45	65,08
		Apt with complementary irrigation	276,61	0,60	86,30	104,43	0,23	32,58
		Apt with obligatory irrigation	36,08	0,08	11,26			
Marataízes	130,23	Improper area	13,12	0,03	10,07	13,12	0,03	10,07
		Apt				0,05	0,00	0,04
		Apt with complementary irrigation	108,57	0,24	83,37	108,61	0,24	83,40
		Apt with obligatory irrigation	0,04	0,00	0,03			
		Improper soil	7,61	0,02	5,84	7,61	0,02	5,84
Marechal Floriano	285,39	Improper area	1,22	0,00	0,43	1,22	0,00	0,43
		Apt	284,17	0,62	99,57	284,17	0,62	99,57
Marilândia	308,96	Improper area	2,77	0,01	0,90	2,77	0,01	0,90
		Apt	0,02	0,00	0,01	240,34	0,52	77,79
		Apt with complementary irrigation	246,84	0,54	79,89	29,34	0,06	9,50
		Apt with obligatory irrigation	22,81	0,05	7,38			
		Improper soil	36,52	0,08	11,82	36,52	0,08	11,82
Mimoso do Sul	869,90	Improper area	6,67	0,01	0,77	6,67	0,01	0,77
		Apt	221,10	0,48	25,42	644,13	1,40	74,05
		Apt with complementary irrigation	597,64	1,30	68,70	175,62	0,38	20,19
		Apt with obligatory irrigation	0,33	0,00	0,04			
		Inapt	0,64	0,00	0,07			
		Improper soil	40,91	0,09	4,70	40,91	0,09	4,70
Montanha	1.099,22	Improper area	4,95	0,01	0,45	4,95	0,01	0,45
		Apt				0,57	0,00	0,05
		Apt with complementary irrigation	11,90	0,03	1,08	1.091,77	2,38	99,32
		Apt with obligatory irrigation	1.080,44	2,35	98,29			
Mucurici	541,40	Improper area	3,75	0,01	0,69	3,75	0,01	0,69
		Apt				0,20	0,00	0,04
		Apt with complementary irrigation	16,90	0,04	3,12	533,84	1,16	98,60
		Apt with obligatory irrigation	516,94	1,13	95,48			
Muniz Freire	679,34	Improper area	3,52	0,01	0,52	3,52	0,01	0,52
		Apt	422,00	0,92	62,12	651,63	1,42	95,92
		Apt with complementary irrigation	221,50	0,48	32,60			
		Inapt	8,14	0,02	1,20			
		Improper soil	24,19	0,05	3,56	24,19	0,05	3,56
Muqui	327,71	Improper area	3,85	0,01	1,18	3,85	0,01	1,18
		Apt	186,94	0,41	57,05	320,88	0,70	97,92
		Apt with complementary irrigation	133,84	0,29	40,84			
		Inapt	0,10	0,00	0,03			
		Improper soil	2,98	0,01	0,91	2,98	0,01	0,91
Nova Venécia	1.441,94	Improper area	28,45	0,06	1,97	28,45	0,06	1,97
		Apt				180,83	0,39	12,54
		Apt with complementary irrigation	537,14	1,17	37,25	1.166,48	2,54	80,90
		Apt with obligatory irrigation	810,17	1,76	56,19			
		Improper soil	66,18	0,14	4,59	66,18	0,14	4,59
Pancas	829,93	Improper area	4,15	0,01	0,50	4,15	0,01	0,50
		Apt				383,04	0,83	46,15
		Apt with complementary irrigation	497,17	1,08	59,91	288,85	0,63	34,80
		Apt with obligatory irrigation	174,67	0,38	21,05			
		Improper soil	152,28	0,33	18,35	152,28	0,33	18,35

Pedro Canário	433,61	Improper area	7,01	0,02	1,62	7,01	0,02	1,62
		Apt				0,29	0,00	0,07
		Apt with complementary irrigation	92,80	0,20	21,40	423,99	0,92	97,78
		Apt with obligatory irrigation	331,19	0,72	76,38			
		Improper soil	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Pinheiros	972,75	Improper area	29,13	0,06	2,99	29,13	0,06	2,99
		Apt				0,10	0,00	0,01
		Apt with complementary irrigation	185,82	0,40	19,10	943,52	2,05	97,00
		Apt with obligatory irrigation	757,79	1,65	77,90			
Piúma	73,96	Improper area	8,45	0,02	11,42	8,45	0,02	11,42
		Apt	13,54	0,03	18,31	28,39	0,06	38,39
		Apt with complementary irrigation	26,64	0,06	36,01	11,79	0,03	15,94
		Improper soil	24,64	0,05	33,32	24,64	0,05	33,32
Ponto Belo	360,60	Improper area	3,04	0,01	0,84	3,04	0,01	0,84
		Apt				4,56	0,01	1,27
		Apt with complementary irrigation	174,28	0,38	48,33	350,03	0,76	97,07
		Apt with obligatory irrigation	180,31	0,39	50,00			
		Improper soil	2,97	0,01	0,82	2,97	0,01	0,82
Presidente Kennedy	583,53	Improper area	4,98	0,01	0,85	4,98	0,01	0,85
		Apt	0,17	0,00	0,03	64,78	0,14	11,10
		Apt with complementary irrigation	491,12	1,07	84,16	452,86	0,99	77,61
		Apt with obligatory irrigation	26,33	0,06	4,51			
		Improper soil	60,08	0,13	10,30	60,08	0,13	10,30
Rio Bananal	642,02	Improper area	3,98	0,01	0,62	3,98	0,01	0,62
		Apt	0,00	0,00	0,00	604,35	1,32	94,13
		Apt with complementary irrigation	607,59	1,32	94,64	3,75	0,01	0,58
		Apt with obligatory irrigation	0,51	0,00	0,08			
		Improper soil	29,94	0,07	4,66	29,94	0,07	4,66
Rio Novo do Sul	204,50	Improper area	2,37	0,01	1,16	2,37	0,01	1,16
		Apt	122,98	0,27	60,14	175,72	0,38	85,93
		Apt with complementary irrigation	56,96	0,12	27,85	4,21	0,01	2,06
		Improper soil	22,20	0,05	10,86	22,20	0,05	10,86
Santa Leopoldina	717,99	Improper area	1,80	0,00	0,25	1,80	0,00	0,25
		Apt	686,86	1,49	95,66	699,24	1,52	97,39
		Apt with complementary irrigation	12,38	0,03	1,72			
		Improper soil	16,95	0,04	2,36	16,95	0,04	2,36
Santa Maria de Jetibá	735,33	Improper area	4,30	0,01	0,58	4,30	0,01	0,58
		Apt	712,80	1,55	96,94	731,03	1,59	99,42
		Apt with complementary irrigation	16,82	0,04	2,29			
		Improper soil	1,41	0,00	0,19			
Santa Teresa	683,11	Improper area	48,41	0,11	7,09	48,41	0,11	7,09
		Apt	309,50	0,67	45,31	612,54	1,33	89,67
		Apt with complementary irrigation	302,53	0,66	44,29	0,22	0,00	0,03
		Apt with obligatory irrigation	0,74	0,00	0,11			
		Improper soil	21,94	0,05	3,21	21,94	0,05	3,21
São Domingos do Norte	298,54	Improper area	0,48	0,00	0,16	0,48	0,00	0,16
		Apt				252,57	0,55	84,60
		Apt with complementary irrigation	269,46	0,59	90,26	43,59	0,09	14,60
		Apt with obligatory irrigation	26,70	0,06	8,94			
		Improper soil	1,89	0,00	0,63	1,89	0,00	0,63

São Gabriel da Palha	434,81	Improper area	5,55	0,01	1,28	5,55	0,01	1,28
		Apt				251,44	0,55	57,83
		Apt with complementary irrigation	344,41	0,75	79,21	177,67	0,39	40,86
		Apt with obligatory irrigation	84,69	0,18	19,48			
		Improper soil	0,15	0,00	0,03	0,15	0,00	0,03
São José do Calçado	273,82	Improper area	1,58	0,00	0,58	1,58	0,00	0,58
		Apt	114,04	0,25	41,65	262,84	0,57	95,99
		Apt with complementary irrigation	148,68	0,32	54,30	0,06	0,00	0,02
		Apt with obligatory irrigation	0,06	0,00	0,02			
		Inapt	0,10	0,00	0,04			
		Improper soil	8,70	0,02	3,18	8,70	0,02	3,18
São Mateus	2.338,18	Improper area	52,71	0,11	2,25	52,71	0,11	2,25
		Apt				337,63	0,73	14,44
		Apt with complementary irrigation	1.676,13	3,65	71,69	1.723,04	3,75	73,69
		Apt with obligatory irrigation	384,54	0,84	16,45			
		Improper soil	221,37	0,48	9,47	221,37	0,48	9,47
São Roque do Canaã	341,99	Improper area	3,92	0,01	1,15	3,92	0,01	1,15
		Apt	8,01	0,02	2,34	263,22	0,57	76,97
		Apt with complementary irrigation	233,03	0,51	68,14	47,63	0,10	13,93
		Apt with obligatory irrigation	69,80	0,15	20,41			
		Improper soil	27,22	0,06	7,96	27,22	0,06	7,96
Serra	547,44	Improper area	148,45	0,32	27,12	148,45	0,32	27,12
		Apt	138,62	0,30	25,32	261,36	0,57	47,74
		Apt with complementary irrigation	125,25	0,27	22,88	2,51	0,01	0,46
		Improper soil	133,59	0,29	24,40	133,59	0,29	24,40
Sooretama	586,48	Improper area	222,01	0,48	37,85	222,01	0,48	37,85
		Apt				357,66	0,78	60,99
		Apt with complementary irrigation	361,06	0,79	61,56	3,51	0,01	0,60
		Apt with obligatory irrigation	0,11	0,00	0,02			
		Improper soil	3,29	0,01	0,56	3,29	0,01	0,56
Vargem Alta	413,70	Improper area	3,39	0,01	0,82	3,39	0,01	0,82
		Apt	384,94	0,84	93,05	404,79	0,88	97,85
		Apt with complementary irrigation	13,73	0,03	3,32	0,05	0,00	0,01
		Inapt	6,17	0,01	1,49			
		Improper soil	5,47	0,01	1,32	5,47	0,01	1,32
Venda Nova do Imigrante	185,99	Improper area	3,25	0,01	1,75	3,25	0,01	1,75
		Apt	175,51	0,38	94,37	178,83	0,39	96,15
		Apt with complementary irrigation	1,16	0,00	0,62			
		Inapt	2,16	0,00	1,16			
		Improper soil	3,91	0,01	2,10	3,91	0,01	2,10
Viana	312,22	Improper area	8,85	0,02	2,83	8,85	0,02	2,83
		Apt	225,90	0,49	72,35	303,37	0,66	97,17
		Apt with complementary irrigation	77,48	0,17	24,81			
Vila Pavão	433,23	Improper area	1,55	0,00	0,36	1,55	0,00	0,36
		Apt				72,15	0,16	16,65
		Apt with complementary irrigation	267,85	0,58	61,83	342,56	0,75	79,07
		Apt with obligatory irrigation	146,85	0,32	33,90			
		Improper soil	16,98	0,04	3,92	16,98	0,04	3,92
Vila Valério	470,21	Improper area	2,04	0,00	0,43	2,04	0,00	0,43
		Apt				359,72	0,78	76,50
		Apt with complementary irrigation	430,63	0,94	91,58	108,45	0,24	23,06

		Apt with obligatory irrigation	37,54	0,08	7,98			
Vila Velha	209,87	Improper area	106,37	0,23	50,68	106,37	0,23	50,68
		Apt	16,01	0,03	7,63	77,93	0,17	37,13
		Apt with complementary irrigation	79,49	0,17	37,88	17,57	0,04	8,37
		Improper soil	5,63	0,01	2,68	5,63	0,01	2,68
Vitória	86,33	Improper area	27,49	0,06	31,84	27,49	0,06	31,84
		Apt				9,21	0,02	10,67
		Apt with complementary irrigation	9,26	0,02	10,72	0,05	0,00	0,06
		Improper soil	44,09	0,10	51,07	44,09	0,10	51,07

**APÊNDICE C - Areas aptitude for installation of *Panicum maximum* to municipalities for Espírito Santo State, Brazil.**

Municipalities	Area (km <sup>2</sup> )	Classes	Dry Period			Moist Period		
			Area (km <sup>2</sup> )	%	% Mun	Area (km <sup>2</sup> )	%	% Mun
Afonso Cláudio	941,12	Improper area	5,14	0,01	0,55	5,14	0,01	0,55
		Apt	0,45	0,00	0,05	922,07	2,01	97,98
		Apt with complementary irrigation	619,53	1,35	65,83	0,04	0,00	0,00
		Apt with obligatory irrigation	0,08	0,00	0,01			
		Inapt	0,16	0,00	0,02			
		Thermic restriction	156,52	0,34	16,63	1,03	0,00	0,11
		Thermic restriction with complementary irrigation	146,24	0,32	15,54			
		Improper soil	12,38	0,03	1,32	12,38	0,03	1,32
Água Doce do Norte	475,73	Improper area	3,13	0,01	0,66	3,13	0,01	0,66
		Apt	0,01	0,00	0,00	294,09	0,64	61,82
		Apt with complementary irrigation	338,68	0,74	71,19	128,95	0,28	27,11
		Apt with obligatory irrigation	82,30	0,18	17,30			
		Thermic restriction	0,41	0,00	0,09			
		Thermic restriction with complementary irrigation	1,53	0,00	0,32			
		Improper soil	43,17	0,09	9,07	43,17	0,09	9,07
Água Branca	454,47	Improper area	1,73	0,00	0,38	1,73	0,00	0,38
		Apt				267,82	0,58	58,93
		Apt with complementary irrigation	366,37	0,80	80,62	159,81	0,35	35,16
		Apt with obligatory irrigation	60,30	0,13	13,27			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,96	0,00	0,21			
		Improper soil	25,10	0,05	5,52	25,10	0,05	5,52
Alegre	772,69	Improper area	8,42	0,02	1,09	8,42	0,02	1,09
		Apt	215,93	0,47	27,95	727,08	1,58	94,10
		Apt with complementary irrigation	407,81	0,89	52,78			
		Inapt	0,09	0,00	0,01			
		Thermic restriction	103,52	0,23	13,40	0,58	0,00	0,07
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,30	0,00	0,04			
		Improper soil	36,62	0,08	4,74	36,62	0,08	4,74
Alfredo Chaves	615,85	Improper area	3,92	0,01	0,64	3,92	0,01	0,64
		Apt	263,92	0,57	42,85	591,42	1,29	96,03
		Apt with complementary irrigation	0,02	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01
		Inapt	1,86	0,00	0,30			
		Thermic restriction	333,38	0,73	54,13	7,70	0,02	1,25
		Improper soil	12,75	0,03	2,07	12,75	0,03	2,07
Alto Rio Novo	228,19	Improper area	1,40	0,00	0,61	1,40	0,00	0,61
		Apt				202,20	0,44	88,61
		Apt with complementary irrigation	196,91	0,43	86,29	20,84	0,05	9,13
		Apt with obligatory irrigation	12,92	0,03	5,66			
		Thermic restriction with complementary irrigation	13,10	0,03	5,74			
Anchieta	409,63	Improper area	13,00	0,03	3,17	13,00	0,03	3,17
		Apt	270,88	0,59	66,13	282,96	0,62	69,08
		Apt with complementary irrigation	93,08	0,20	22,72	86,47	0,19	21,11
		Thermic restriction	5,45	0,01	1,33			
		Improper soil	25,27	0,05	6,17	25,27	0,05	6,17
Apiacá	194,16	Improper area	1,21	0,00	0,62	1,21	0,00	0,62
		Apt	39,86	0,09	20,53	169,91	0,37	87,51

		Apt with complementary irrigation	133,57	0,29	68,79	20,40	0,04	10,51
		Apt with obligatory irrigation	0,13	0,00	0,07			
		Thermic restriction	16,75	0,04	8,63			
		Improper soil	1,88	0,00	0,97	1,88	0,00	0,97
Aracruz	1.419,67	Improper area	33,38	0,07	2,35	33,38	0,07	2,35
		Apt	15,82	0,03	1,11	1.159,11	2,52	81,65
		Apt with complementary irrigation	1.223,83	2,66	86,21	80,80	0,18	5,69
		Thermic restriction	0,17	0,00	0,01			
		Improper soil	143,89	0,31	10,14	143,89	0,31	10,14
Atílio Vivacqua	223,55	Improper area	3,74	0,01	1,67	3,74	0,01	1,67
		Apt	26,03	0,06	11,64	199,71	0,43	89,34
		Apt with complementary irrigation	174,56	0,38	78,09	6,01	0,01	2,69
		Thermic restriction	5,07	0,01	2,27			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,07	0,00	0,03			
		Improper soil	14,09	0,03	6,30	14,09	0,03	6,30
Baixo Guandú	915,74	Improper area	7,73	0,02	0,84	7,73	0,02	0,84
		Apt				311,17	0,68	33,98
		Apt with complementary irrigation	273,81	0,60	29,90	501,78	1,09	54,80
		Apt with obligatory irrigation	493,88	1,07	53,93			
		Thermic restriction				0,01	0,00	0,00
		Thermic restriction with complementary irrigation	44,79	0,10	4,89			
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,00	0,00	0,00			
Barra de São Francisco	938,79	Improper area	6,74	0,01	0,72	6,74	0,01	0,72
		Apt	0,33	0,00	0,03	372,58	0,81	39,69
		Apt with complementary irrigation	650,66	1,42	69,31	526,23	1,15	56,05
		Apt with obligatory irrigation	246,83	0,54	26,29			
		Thermic restriction	0,21	0,00	0,02			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,70	0,00	0,07			
Boa Esperança	428,37	Improper area	4,76	0,01	1,11	4,76	0,01	1,11
		Apt				3,49	0,01	0,82
		Apt with complementary irrigation	20,62	0,04	4,81	414,57	0,90	96,78
		Apt with obligatory irrigation	397,44	0,86	92,78			
		Improper soil	5,55	0,01	1,30	5,55	0,01	1,30
Bom Jesus do Norte	89,29	Improper area	0,99	0,00	1,10	0,99	0,00	1,10
		Apt	4,11	0,01	4,61	80,69	0,18	90,37
		Apt with complementary irrigation	81,24	0,18	90,98	5,48	0,01	6,14
		Apt with obligatory irrigation	0,09	0,00	0,10			
		Thermic restriction	0,72	0,00	0,81			
Brejetuba	353,93	Improper soil	1,37	0,00	1,54	1,37	0,00	1,54
		Improper area	0,60	0,00	0,17	0,60	0,00	0,17
		Apt				349,64	0,76	98,79
		Apt with complementary irrigation	73,38	0,16	20,73			
		Inapt	0,03	0,00	0,01			
		Thermic restriction	129,19	0,28	36,50	2,35	0,01	0,66
Cachoeiro de Itapemirim	878,61	Thermic restriction with complementary irrigation	149,13	0,32	42,13			
		Improper area	49,44	0,11	5,63	49,44	0,11	5,63
		Apt	130,05	0,28	14,80	740,88	1,61	84,32
		Apt with complementary irrigation	587,28	1,28	66,84			
		Inapt	0,02	0,00	0,00	1,12	0,00	0,13
Thermic restriction	24,99	0,05	2,84	0,36	0,00	0,04		



		Thermic restriction with complementary irrigation	0,02	0,00	0,00			
		Improper soil	86,81	0,19	9,88	86,81	0,19	9,88
Cariacica	279,65	Improper area	119,42	0,26	42,70	119,42	0,26	42,70
		Apt	73,79	0,16	26,39	108,42	0,24	38,77
		Apt with complementary irrigation	22,08	0,05	7,90	0,35	0,00	0,13
		Thermic restriction	12,90	0,03	4,61			
		Improper soil	49,69	0,11	17,77	49,69	0,11	17,77
Castelo	664,40	Improper area	7,82	0,02	1,18	7,82	0,02	1,18
		Apt	123,47	0,27	18,58	579,89	1,26	87,28
		Apt with complementary irrigation	253,46	0,55	38,15			
		Inapt	6,41	0,01	0,96			
		Thermic restriction	207,48	0,45	31,23	0,01	0,00	0,00
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,28	0,00	0,04	11,20	0,02	1,69
		Improper soil	65,48	0,14	9,86	65,48	0,14	9,86
Colatina	1.416,73	Improper area	53,08	0,12	3,75	53,08	0,12	3,75
		Apt	0,21	0,00	0,02	685,52	1,49	48,39
		Apt with complementary irrigation	669,90	1,46	47,28	563,53	1,23	39,78
		Apt with obligatory irrigation	570,64	1,24	40,28			
		Thermic restriction	0,16	0,00	0,01			
		Thermic restriction with complementary irrigation	8,14	0,02	0,57			
		Improper soil	114,60	0,25	8,09	114,60	0,25	8,09
Conceição da Barra	1.185,05	Improper area	128,66	0,28	10,86	128,66	0,28	10,86
		Apt				0,01	0,00	0,00
		Apt with complementary irrigation	996,53	2,17	84,09	1.005,14	2,19	84,82
		Apt with obligatory irrigation	8,61	0,02	0,73			
		Improper soil	41,89	0,09	3,53	41,89	0,09	3,53
Conceição do Castelo	369,45	Improper area	2,45	0,01	0,66	2,45	0,01	0,66
		Apt	61,40	0,13	16,62	361,45	0,79	97,84
		Apt with complementary irrigation	64,45	0,14	17,44			
		Inapt	0,29	0,00	0,08			
		Thermic restriction	236,54	0,51	64,03	1,32	0,00	0,36
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,10	0,00	0,03			
		Improper soil	4,22	0,01	1,14	4,22	0,01	1,14
Divino de São Lourenço	174,09	Improper area	21,16	0,05	12,16	21,16	0,05	12,16
		Apt	11,98	0,03	6,88	149,89	0,33	86,10
		Inapt	0,06	0,00	0,03			
		Thermic restriction	138,12	0,30	79,34	0,27	0,00	0,15
		Improper soil	2,77	0,01	1,59	2,77	0,01	1,59
Domingos Martins	1.229,37	Improper area	8,88	0,02	0,72	8,88	0,02	0,72
		Apt	142,56	0,31	11,60	1.179,41	2,57	95,94
		Inapt	2,97	0,01	0,24			
		Thermic restriction	1.049,55	2,28	85,37	15,84	0,03	1,29
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,17	0,00	0,01			
		Improper soil	25,23	0,05	2,05	25,23	0,05	2,05
Dores do Rio Preto	158,30	Improper area	19,60	0,04	12,38	19,60	0,04	12,38
		Apt	7,06	0,02	4,46	126,84	0,28	80,13
		Inapt	0,14	0,00	0,09			
		Thermic restriction	120,58	0,26	76,17	1,29	0,00	0,82
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,02	0,00	0,01			
Improper soil	3,42	0,01	2,16	3,42	0,01	2,16		

Ecoporanga	2.287,59	Improper area	9,94	0,02	0,43	9,94	0,02	0,43
		Apt	0,21	0,00	0,01	751,63	1,64	32,86
		Apt with complementary irrigation	1.381,74	3,01	60,40	1.419,42	3,09	62,05
		Apt with obligatory irrigation	788,61	1,72	34,47			
		Thermic restriction	0,05	0,00	0,00			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,01	0,00	0,00			
		Improper soil	94,54	0,21	4,13	94,54	0,21	4,13
Fundão	286,77	Improper area	34,17	0,07	11,92	34,17	0,07	11,92
		Apt	131,56	0,29	45,88	223,87	0,49	78,07
		Apt with complementary irrigation	91,27	0,20	31,83			
		Thermic restriction	2,91	0,01	1,01	1,88	0,00	0,66
		Improper soil	26,67	0,06	9,30	26,67	0,06	9,30
Governador Lindenberg	359,91	Improper area	1,75	0,00	0,49	1,75	0,00	0,49
		Apt				340,53	0,74	94,61
		Apt with complementary irrigation	336,69	0,73	93,55	4,00	0,01	1,11
		Apt with obligatory irrigation	7,32	0,02	2,03			
		Thermic restriction	0,01	0,00	0,00			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,51	0,00	0,14			
		Improper soil	13,63	0,03	3,79	13,63	0,03	3,79
Guaçuí	468,84	Improper area	3,63	0,01	0,77	3,63	0,01	0,77
		Apt	263,30	0,57	56,16	461,22	1,00	98,37
		Apt with complementary irrigation	7,72	0,02	1,65			
		Thermic restriction	190,10	0,41	40,55			
		Improper soil	2,75	0,01	0,59	2,75	0,01	0,59
Guarapari	589,14	Improper area	246,32	0,54	41,81	246,32	0,54	41,81
		Apt	288,48	0,63	48,97	331,24	0,72	56,22
		Apt with complementary irrigation	4,36	0,01	0,74	0,20	0,00	0,03
		Thermic restriction	38,60	0,08	6,55			
		Improper soil	8,15	0,02	1,38	8,15	0,02	1,38
Ibatiba	238,98	Improper area	2,56	0,01	1,07	2,56	0,01	1,07
		Apt				208,53	0,45	87,26
		Apt with complementary irrigation	47,68	0,10	19,95	2,74	0,01	1,14
		Inapt	0,73	0,00	0,31			
		Thermic restriction	42,22	0,09	17,67			
		Thermic restriction with complementary irrigation	120,19	0,26	50,29			
		Improper soil	25,07	0,05	10,49	25,07	0,05	10,49
Ibiraçu	201,20	Improper area	6,19	0,01	3,08	6,19	0,01	3,08
		Apt	93,99	0,20	46,71	169,53	0,37	84,26
		Apt with complementary irrigation	64,04	0,14	31,83	0,29	0,00	0,14
		Thermic restriction	11,80	0,03	5,86			
		Improper soil	25,19	0,05	12,52	25,19	0,05	12,52
Ibitirama	330,76	Improper area	91,61	0,20	27,70	91,61	0,20	27,70
		Apt	19,68	0,04	5,95	238,32	0,52	72,05
		Apt with complementary irrigation	0,05	0,00	0,01			
		Inapt	0,20	0,00	0,06			
		Thermic restriction	219,10	0,48	66,24	0,71	0,00	0,21
Iconha	203,56	Improper area	2,59	0,01	1,27	2,59	0,01	1,27
		Apt	153,24	0,33	75,28	200,97	0,44	98,73
		Apt with complementary irrigation	8,78	0,02	4,31			
		Thermic restriction	38,95	0,08	19,13			

Irupi	185,01	Improper area	5,15	0,01	2,78	5,15	0,01	2,78
		Apt				176,12	0,38	95,20
		Apt with complementary irrigation	44,87	0,10	24,26			
		Inapt	0,01	0,00	0,00			
		Thermic restriction	57,80	0,13	31,24	0,05	0,00	0,03
		Thermic restriction with complementary irrigation	73,48	0,16	39,72			
		Improper soil	3,69	0,01	2,00	3,69	0,01	2,00
Itaguaçu	535,18	Improper area	2,46	0,01	0,46	2,46	0,01	0,46
		Apt				289,76	0,63	54,14
		Apt with complementary irrigation	205,80	0,45	38,46	214,22	0,47	40,03
		Apt with obligatory irrigation	261,06	0,57	48,78			
		Thermic restriction	0,04	0,00	0,01	0,07	0,00	0,01
		Thermic restriction with complementary irrigation	37,16	0,08	6,94			
		Improper soil	28,65	0,06	5,35	28,65	0,06	5,35
Itapemirim	562,07	Improper area	51,46	0,11	9,15	51,46	0,11	9,15
		Apt	0,49	0,00	0,09	122,11	0,27	21,72
		Apt with complementary irrigation	450,05	0,98	80,07	328,44	0,71	58,43
		Improper soil	59,25	0,13	10,54	59,25	0,13	10,54
Itarana	295,21	Improper area	0,98	0,00	0,33	0,98	0,00	0,33
		Apt				276,92	0,60	93,81
		Apt with complementary irrigation	139,04	0,30	47,10	3,91	0,01	1,33
		Apt with obligatory irrigation	20,42	0,04	6,92			
		Thermic restriction	37,11	0,08	12,57			
		Thermic restriction with complementary irrigation	84,27	0,18	28,54			
		Improper soil	13,39	0,03	4,54	13,39	0,03	4,54
Iúna	459,88	Improper area	57,10	0,12	12,42	57,10	0,12	12,42
		Apt	2,05	0,00	0,45	394,20	0,86	85,72
		Apt with complementary irrigation	153,27	0,33	33,33			
		Inapt	1,88	0,00	0,41			
		Thermic restriction	187,96	0,41	40,87	5,73	0,01	1,24
		Thermic restriction with complementary irrigation	54,63	0,12	11,88			
		Improper soil	1,39	0,00	0,30	1,39	0,00	0,30
Jaguaré	659,43	Improper area	9,96	0,02	1,51	9,96	0,02	1,51
		Apt				437,48	0,95	66,34
		Apt with complementary irrigation	545,35	1,19	82,70	108,03	0,24	16,38
		Apt with obligatory irrigation	0,17	0,00	0,03			
		Improper soil	103,95	0,23	15,76	103,95	0,23	15,76
Jerônimo Monteiro	162,10	Improper area	2,17	0,00	1,34	2,17	0,00	1,34
		Apt	23,24	0,05	14,34	155,98	0,34	96,23
		Apt with complementary irrigation	124,53	0,27	76,82	0,12	0,00	0,07
		Thermic restriction	8,33	0,02	5,14			
		Improper soil	3,83	0,01	2,37	3,83	0,01	2,37
João Neiva	284,67	Improper area	4,78	0,01	1,68	4,78	0,01	1,68
		Apt	36,45	0,08	12,81	219,86	0,48	77,23
		Apt with complementary irrigation	171,74	0,37	60,33	0,44	0,00	0,16
		Apt with obligatory irrigation	0,17	0,00	0,06			
		Thermic restriction	11,92	0,03	4,19			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,01	0,00	0,00			
		Improper soil	59,58	0,13	20,93	59,58	0,13	20,93
Laranja da Terra	458,74	Improper area	0,99	0,00	0,22	0,99	0,00	0,22
		Apt				359,87	0,78	78,45

		Apt with complementary irrigation	300,28	0,65	65,46	96,60	0,21	21,06
		Apt with obligatory irrigation	151,41	0,33	33,01			
		Thermic restriction with complementary irrigation	4,76	0,01	1,04			
Linhares	3.501,64	Improper area	340,95	0,74	9,74	340,95	0,74	9,74
		Apt	0,76	0,00	0,02	1.524,55	3,32	43,54
		Apt with complementary irrigation	2.138,54	4,65	61,07	616,53	1,34	17,61
		Apt with obligatory irrigation	1,63	0,00	0,05			
		Thermic restriction	0,05	0,00	0,00			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,10	0,00	0,00			
		Improper soil	1.007,44	2,19	28,77	1.007,44	2,19	28,77
Mantenópolis	320,52	Improper area	3,06	0,01	0,96	3,06	0,01	0,96
		Apt				208,59	0,45	65,08
		Apt with complementary irrigation	264,29	0,58	82,46	104,43	0,23	32,58
		Apt with obligatory irrigation	36,08	0,08	11,26			
		Thermic restriction with complementary irrigation	12,32	0,03	3,84			
Marataízes	130,23	Improper area	13,12	0,03	10,07	13,12	0,03	10,07
		Apt				0,05	0,00	0,04
		Apt with complementary irrigation	108,57	0,24	83,37	108,61	0,24	83,40
		Apt with obligatory irrigation	0,04	0,00	0,03			
		Improper soil	7,61	0,02	5,84	7,61	0,02	5,84
Marechal Floriano	285,39	Improper area	1,22	0,00	0,43	1,22	0,00	0,43
		Apt	18,76	0,04	6,57	284,17	0,62	99,57
		Thermic restriction	265,41	0,58	93,00			
Marilândia	308,96	Improper area	2,77	0,01	0,90	2,77	0,01	0,90
		Apt				240,34	0,52	77,79
		Apt with complementary irrigation	246,67	0,54	79,84	29,34	0,06	9,50
		Apt with obligatory irrigation	22,81	0,05	7,38			
		Thermic restriction	0,02	0,00	0,01			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,17	0,00	0,05			
		Improper soil	36,52	0,08	11,82	36,52	0,08	11,82
Mimoso do Sul	869,90	Improper area	6,67	0,01	0,77	6,67	0,01	0,77
		Apt	141,81	0,31	16,30	643,63	1,40	73,99
		Apt with complementary irrigation	597,56	1,30	68,69	175,62	0,38	20,19
		Apt with obligatory irrigation	0,33	0,00	0,04			
		Inapt	0,02	0,00	0,00			
		Thermic restriction	79,91	0,17	9,19	0,51	0,00	0,06
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,08	0,00	0,01			
		Improper soil	40,91	0,09	4,70	40,91	0,09	4,70
Montanha	1.099,22	Improper area	4,95	0,01	0,45	4,95	0,01	0,45
		Apt				0,57	0,00	0,05
		Apt with complementary irrigation	11,90	0,03	1,08	1.091,77	2,38	99,32
		Apt with obligatory irrigation	1.080,44	2,35	98,29			
Mucurici	541,40	Improper area	3,75	0,01	0,69	3,75	0,01	0,69
		Apt				0,20	0,00	0,04
		Apt with complementary irrigation	16,90	0,04	3,12	533,84	1,16	98,60
		Apt with obligatory irrigation	516,94	1,13	95,48			
Muniz Freire	679,34	Improper area	3,52	0,01	0,52	3,52	0,01	0,52
		Apt	107,37	0,23	15,80	645,09	1,40	94,96
		Apt with complementary irrigation	216,24	0,47	31,83			
		Inapt	2,30	0,01	0,34			
		Thermic restriction	320,46	0,70	47,17	6,54	0,01	0,96
		Thermic restriction with complementary irrigation	5,27	0,01	0,78			

		Improper soil	24,19	0,05	3,56	24,19	0,05	3,56
		Improper area	3,85	0,01	1,18	3,85	0,01	1,18
		Apt	158,49	0,34	48,36	320,81	0,70	97,89
		Apt with complementary irrigation	133,84	0,29	40,84			
		Thermic restriction	28,55	0,06	8,71	0,07	0,00	0,02
		Improper soil	2,98	0,01	0,91	2,98	0,01	0,91
		Improper area	28,45	0,06	1,97	28,45	0,06	1,97
		Apt				180,83	0,39	12,54
		Apt with complementary irrigation	537,11	1,17	37,25	1.166,48	2,54	80,90
		Apt with obligatory irrigation	810,17	1,76	56,19			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,03	0,00	0,00			
		Improper soil	66,18	0,14	4,59	66,18	0,14	4,59
		Improper area	4,15	0,01	0,50	4,15	0,01	0,50
		Apt				383,04	0,83	46,15
		Apt with complementary irrigation	493,57	1,07	59,47	288,85	0,63	34,80
		Apt with obligatory irrigation	174,67	0,38	21,05			
		Thermic restriction with complementary irrigation	3,60	0,01	0,43			
		Improper soil	152,28	0,33	18,35	152,28	0,33	18,35
		Improper area	7,01	0,02	1,62	7,01	0,02	1,62
		Apt				0,29	0,00	0,07
		Apt with complementary irrigation	92,80	0,20	21,40	423,99	0,92	97,78
		Apt with obligatory irrigation	331,19	0,72	76,38			
		Improper soil	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
		Improper area	29,13	0,06	2,99	29,13	0,06	2,99
		Apt				0,10	0,00	0,01
		Apt with complementary irrigation	185,82	0,40	19,10	943,52	2,05	97,00
		Apt with obligatory irrigation	757,79	1,65	77,90			
		Improper area	8,45	0,02	11,42	8,45	0,02	11,42
		Apt	13,54	0,03	18,31	28,39	0,06	38,39
		Apt with complementary irrigation	26,64	0,06	36,01	11,79	0,03	15,94
		Improper soil	24,64	0,05	33,32	24,64	0,05	33,32
		Improper area	3,04	0,01	0,84	3,04	0,01	0,84
		Apt				4,56	0,01	1,27
		Apt with complementary irrigation	174,28	0,38	48,33	350,03	0,76	97,07
		Apt with obligatory irrigation	180,31	0,39	50,00			
		Improper soil	2,97	0,01	0,82	2,97	0,01	0,82
		Improper area	4,98	0,01	0,85	4,98	0,01	0,85
		Apt	0,17	0,00	0,03	64,78	0,14	11,10
		Apt with complementary irrigation	491,12	1,07	84,16	452,86	0,99	77,61
		Apt with obligatory irrigation	26,33	0,06	4,51			
		Improper soil	60,08	0,13	10,30	60,08	0,13	10,30
		Improper area	3,98	0,01	0,62	3,98	0,01	0,62
		Apt	0,00	0,00	0,00	604,35	1,32	94,13
		Apt with complementary irrigation	607,59	1,32	94,64	3,75	0,01	0,58
		Apt with obligatory irrigation	0,51	0,00	0,08			
		Improper soil	29,94	0,07	4,66	29,94	0,07	4,66
		Improper area	2,37	0,01	1,16	2,37	0,01	1,16
		Apt	94,80	0,21	46,36	175,72	0,38	85,93
		Apt with complementary irrigation	56,96	0,12	27,85	4,21	0,01	2,06
		Thermic restriction	28,17	0,06	13,78			
		Improper soil	22,20	0,05	10,86	22,20	0,05	10,86

		Improper area	1,80	0,00	0,25	1,80	0,00	0,25
		Apt	438,63	0,95	61,09	699,24	1,52	97,39
Santa Leopoldina	717,99	Apt with complementary irrigation	12,38	0,03	1,72			
		Thermic restriction	248,23	0,54	34,57			
		Improper soil	16,95	0,04	2,36	16,95	0,04	2,36
		Improper area	4,30	0,01	0,58	4,30	0,01	0,58
		Apt	29,33	0,06	3,99	729,50	1,59	99,21
Santa Maria de Jetibá	735,33	Apt with complementary irrigation	0,02	0,00	0,00			
		Inapt	0,23	0,00	0,03			
		Thermic restriction	684,65	1,49	93,11	1,53	0,00	0,21
		Thermic restriction with complementary irrigation	16,79	0,04	2,28			
		Improper area	48,41	0,11	7,09	48,41	0,11	7,09
		Apt	57,30	0,12	8,39	612,54	1,33	89,67
Santa Teresa	683,11	Apt with complementary irrigation	266,26	0,58	38,98	0,22	0,00	0,03
		Apt with obligatory irrigation	0,74	0,00	0,11			
		Thermic restriction	252,20	0,55	36,92			
		Thermic restriction with complementary irrigation	36,27	0,08	5,31			
		Improper soil	21,94	0,05	3,21	21,94	0,05	3,21
		Improper area	0,48	0,00	0,16	0,48	0,00	0,16
		Apt				252,57	0,55	84,60
São Domingos do Norte	298,54	Apt with complementary irrigation	269,39	0,59	90,23	43,59	0,09	14,60
		Apt with obligatory irrigation	26,70	0,06	8,94			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,08	0,00	0,03			
		Improper soil	1,89	0,00	0,63	1,89	0,00	0,63
		Improper area	5,55	0,01	1,28	5,55	0,01	1,28
		Apt				251,44	0,55	57,83
São Gabriel da Palha	434,81	Apt with complementary irrigation	344,41	0,75	79,21	177,67	0,39	40,86
		Apt with obligatory irrigation	84,69	0,18	19,48			
		Improper soil	0,15	0,00	0,03	0,15	0,00	0,03
		Improper area	1,58	0,00	0,58	1,58	0,00	0,58
		Apt	72,79	0,16	26,58	262,77	0,57	95,97
São José do Calçado	273,82	Apt with complementary irrigation	148,68	0,32	54,30	0,06	0,00	0,02
		Apt with obligatory irrigation	0,06	0,00	0,02			
		Thermic restriction	41,36	0,09	15,10	0,07	0,00	0,03
		Improper soil	8,70	0,02	3,18	8,70	0,02	3,18
		Improper area	52,71	0,11	2,25	52,71	0,11	2,25
		Apt				337,63	0,73	14,44
São Mateus	2.338,18	Apt with complementary irrigation	1.676,13	3,65	71,69	1.723,04	3,75	73,69
		Apt with obligatory irrigation	384,54	0,84	16,45			
		Improper soil	221,37	0,48	9,47	221,37	0,48	9,47
		Improper area	3,92	0,01	1,15	3,92	0,01	1,15
		Apt	3,46	0,01	1,01	263,22	0,57	76,97
São Roque do Canaã	341,99	Apt with complementary irrigation	223,49	0,49	65,35	47,63	0,10	13,93
		Apt with obligatory irrigation	69,80	0,15	20,41			
		Thermic restriction	4,56	0,01	1,33			
		Thermic restriction with complementary irrigation	9,54	0,02	2,79			
		Improper soil	27,22	0,06	7,96	27,22	0,06	7,96
		Improper area	148,45	0,32	27,12	148,45	0,32	27,12
Serra	547,44	Apt	138,62	0,30	25,32	261,36	0,57	47,74
		Apt with complementary irrigation	125,25	0,27	22,88	2,51	0,01	0,46

		Improper soil	133,59	0,29	24,40	133,59	0,29	24,40
Sooretama	586,48	Improper area	222,01	0,48	37,85	222,01	0,48	37,85
		Apt				357,66	0,78	60,99
		Apt with complementary irrigation	361,06	0,79	61,56	3,51	0,01	0,60
		Apt with obligatory irrigation	0,11	0,00	0,02			
		Improper soil	3,29	0,01	0,56	3,29	0,01	0,56
Vargem Alta	413,70	Improper area	3,39	0,01	0,82	3,39	0,01	0,82
		Apt	120,72	0,26	29,18	398,04	0,87	96,21
		Apt with complementary irrigation	13,73	0,03	3,32	0,05	0,00	0,01
		Inapt	1,90	0,00	0,46			
		Thermic restriction	268,49	0,58	64,90	6,75	0,01	1,63
		Improper soil	5,47	0,01	1,32	5,47	0,01	1,32
Venda Nova do Imigrante	185,99	Improper area	3,25	0,01	1,75	3,25	0,01	1,75
		Apt	0,69	0,00	0,37	176,69	0,38	95,00
		Inapt	0,80	0,00	0,43			
		Thermic restriction	176,18	0,38	94,73	2,15	0,00	1,15
		Thermic restriction with complementary irrigation	1,16	0,00	0,62			
		Improper soil	3,91	0,01	2,10	3,91	0,01	2,10
Viana	312,22	Improper area	8,85	0,02	2,83	8,85	0,02	2,83
		Apt	216,08	0,47	69,21	303,37	0,66	97,17
		Apt with complementary irrigation	77,48	0,17	24,81			
		Thermic restriction	9,81	0,02	3,14			
Vila Pavão	433,23	Improper area	1,55	0,00	0,36	1,55	0,00	0,36
		Apt				72,15	0,16	16,65
		Apt with complementary irrigation	267,82	0,58	61,82	342,56	0,75	79,07
		Apt with obligatory irrigation	146,85	0,32	33,90			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,03	0,00	0,01			
		Improper soil	16,98	0,04	3,92	16,98	0,04	3,92
Vila Valério	470,21	Improper area	2,04	0,00	0,43	2,04	0,00	0,43
		Apt				359,72	0,78	76,50
		Apt with complementary irrigation	430,63	0,94	91,58	108,45	0,24	23,06
		Apt with obligatory irrigation	37,54	0,08	7,98			
Vila Velha	209,87	Improper area	106,37	0,23	50,68	106,37	0,23	50,68
		Apt	16,01	0,03	7,63	77,93	0,17	37,13
		Apt with complementary irrigation	79,49	0,17	37,88	17,57	0,04	8,37
		Improper soil	5,63	0,01	2,68	5,63	0,01	2,68
Vitória	86,33	Improper area	27,49	0,06	31,84	27,49	0,06	31,84
		Apt				9,21	0,02	10,67
		Apt with complementary irrigation	9,26	0,02	10,72	0,05	0,00	0,06
		Improper soil	44,09	0,10	51,07	44,09	0,10	51,07

**APÊNDICE D - Areas aptitude for installation of *Pennisetum purpureum* to municipalities for Espírito Santo State, Brazil.**

Municipalities	Area (km <sup>2</sup> )	Classes	Dry Peiod			Moist Period		
			Area (km <sup>2</sup> )	%	% Mun	Area (km <sup>2</sup> )	%	% Mun
Afonso Cláudio	941,12	Improper area	5,14	0,01	0,55	5,14	0,01	0,55
		Apt				1,14	0,00	0,12
		Thermic restriction	876,60	1,91	93,14	155,98	0,34	16,57
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,04	0,00	0,00	765,76	1,67	81,37
		Thermic restriction with obligatory irrigation				0,08	0,00	0,01
		Inapt	46,49	0,10	4,94			
		Improper soil	12,38	0,03	1,32	12,38	0,03	1,32
Água Doce do Norte	475,73	Improper area	3,13	0,01	0,66	3,13	0,01	0,66
		Thermic restriction	205,78	0,45	43,26	0,42	0,00	0,09
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,01	0,00	0,00	340,21	0,74	71,51
		Thermic restriction with obligatory irrigation				82,30	0,18	17,30
		Inapt	217,25	0,47	45,67			
		Improper soil	43,17	0,09	9,07	43,17	0,09	9,07
Águia Branca	454,47	Improper area	1,73	0,00	0,38	1,73	0,00	0,38
		Thermic restriction	106,80	0,23	23,50			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,03	0,00	0,01	367,34	0,80	80,83
		Thermic restriction with obligatory irrigation				60,30	0,13	13,27
		Inapt	320,81	0,70	70,59			
		Improper soil	25,10	0,05	5,52	25,10	0,05	5,52
Alegre	772,69	Improper area	8,42	0,02	1,09	8,42	0,02	1,09
		Apt				0,66	0,00	0,09
		Thermic restriction	474,46	1,03	61,40	318,88	0,69	41,27
		Thermic restriction with complementary irrigation				408,11	0,89	52,82
		Inapt	253,19	0,55	32,77			
		Improper soil	36,62	0,08	4,74	36,62	0,08	4,74
Alfredo Chaves	615,85	Improper area	3,92	0,01	0,64	3,92	0,01	0,64
		Apt				6,95	0,02	1,13
		Thermic restriction	553,48	1,20	89,87	592,22	1,29	96,16
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,04	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
		Inapt	45,67	0,10	7,42			
		Improper soil	12,75	0,03	2,07	12,75	0,03	2,07
Alto Rio Novo	228,19	Improper area	1,40	0,00	0,61	1,40	0,00	0,61
		Thermic restriction	198,98	0,43	87,20			
		Thermic restriction with complementary irrigation	1,07	0,00	0,47	210,01	0,46	92,03
		Thermic restriction with obligatory irrigation				12,92	0,03	5,66
		Inapt	22,99	0,05	10,08			
		Improper soil						
Anchieta	409,63	Improper area	13,00	0,03	3,17	13,00	0,03	3,17
		Thermic restriction	34,17	0,07	8,34	276,33	0,60	67,46
		Thermic restriction with complementary irrigation				93,08	0,20	22,72
		Inapt	335,26	0,73	81,84			
		Improper soil	25,27	0,05	6,17	25,27	0,05	6,17
Apiacá	194,16	Improper area	1,21	0,00	0,62	1,21	0,00	0,62
		Thermic restriction	89,93	0,20	46,32	56,61	0,12	29,16
		Thermic restriction with complementary irrigation				133,57	0,29	68,79
		Thermic restriction with obligatory irrigation				0,13	0,00	0,07
		Inapt	100,38	0,22	51,70			
		Improper soil	1,88	0,00	0,97	1,88	0,00	0,97



Aracruz	1.419,67	Improper area	33,38	0,07	2,35	33,38	0,07	2,35
		Thermic restriction	12,78	0,03	0,90	15,99	0,03	1,13
		Thermic restriction with complementary irrigation				1.223,83	2,66	86,21
		Inapt	1.227,13	2,67	86,44			
		Improper soil	143,89	0,31	10,14	143,89	0,31	10,14
Atílio Vivacqua	223,55	Improper area	3,74	0,01	1,67	3,74	0,01	1,67
		Thermic restriction	34,73	0,08	15,54	31,10	0,07	13,91
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,12	0,00	0,06	174,63	0,38	78,12
		Inapt	170,87	0,37	76,43			
		Improper soil	14,09	0,03	6,30	14,09	0,03	6,30
Baixo Guandú	915,74	Improper area	7,73	0,02	0,84	7,73	0,02	0,84
		Apt with complementary irrigation				0,01	0,00	0,00
		Thermic restriction	282,94	0,62	30,90			
		Thermic restriction with complementary irrigation	3,48	0,01	0,38	318,59	0,69	34,79
		Thermic restriction with obligatory irrigation				493,88	1,07	53,93
		Inapt	526,54	1,15	57,50			
Barra de São Francisco	938,79	Improper soil	88,57	0,19	9,67	88,57	0,19	9,67
		Improper area	6,74	0,01	0,72	6,74	0,01	0,72
		Thermic restriction				0,53	0,00	0,06
		Thermic restriction with complementary irrigation	127,22	0,28	13,55	651,36	1,42	69,38
		Thermic restriction with obligatory irrigation	0,29	0,00	0,03	246,83	0,54	26,29
		Inapt	771,30	1,68	82,16			
Boa Esperança	428,37	Improper soil	31,54	0,07	3,36	31,54	0,07	3,36
		Improper area	4,76	0,01	1,11	4,76	0,01	1,11
		Thermic restriction	1,78	0,00	0,42			
		Thermic restriction with complementary irrigation				20,62	0,04	4,81
		Thermic restriction with obligatory irrigation				397,44	0,86	92,78
		Inapt	416,28	0,91	97,18			
Bom Jesus do Norte	89,29	Improper soil	5,55	0,01	1,30	5,55	0,01	1,30
		Improper area	0,99	0,00	1,10	0,99	0,00	1,10
		Thermic restriction	22,30	0,05	24,98	4,84	0,01	5,42
		Thermic restriction with complementary irrigation				81,24	0,18	90,98
		Thermic restriction with obligatory irrigation				0,09	0,00	0,10
		Inapt	63,87	0,14	71,53			
Brejetuba	353,93	Improper soil	1,37	0,00	1,54	1,37	0,00	1,54
		Improper area	0,60	0,00	0,17	0,60	0,00	0,17
		Apt				2,75	0,01	0,78
		Thermic restriction	351,99	0,77	99,45	126,47	0,28	35,73
		Thermic restriction with complementary irrigation				222,51	0,48	62,87
Cachoeiro de Itapemirim	878,61	Improper area	49,44	0,11	5,63	49,44	0,11	5,63
		Apt				0,41	0,00	0,05
		Thermic restriction	123,76	0,27	14,09	154,64	0,34	17,60
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,05	0,00	0,01	587,30	1,28	66,84
		Inapt	618,55	1,35	70,40			
		Improper soil	86,81	0,19	9,88	86,81	0,19	9,88
Cariacica	279,65	Improper area	119,42	0,26	42,70	119,42	0,26	42,70
		Thermic restriction	47,29	0,10	16,91	86,69	0,19	31,00
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,05	0,00	0,02	22,08	0,05	7,90
		Inapt	61,43	0,13	21,97			
		Improper soil	49,69	0,11	17,77	49,69	0,11	17,77
Castelo	664,40	Improper area	7,82	0,02	1,18	7,82	0,02	1,18
		Apt				10,78	0,02	1,62

		Thermic restriction	406,23	0,88	61,14	326,58	0,71	49,15
		Thermic restriction with complementary irrigation				253,74	0,55	38,19
		Inapt	184,87	0,40	27,83			
		Improper soil	65,48	0,14	9,86	65,48	0,14	9,86
Colatina	1.416,73	Improper area	53,08	0,12	3,75	53,08	0,12	3,75
		Thermic restriction	158,89	0,35	11,22	0,37	0,00	0,03
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,12	0,00	0,01	678,04	1,48	47,86
		Thermic restriction with obligatory irrigation				570,64	1,24	40,28
		Inapt	1.090,04	2,37	76,94			
		Improper soil	114,60	0,25	8,09	114,60	0,25	8,09
Conceição da Barra	1.185,05	Improper area	128,66	0,28	10,86	128,66	0,28	10,86
		Thermic restriction with complementary irrigation				996,53	2,17	84,09
		Thermic restriction with obligatory irrigation				8,61	0,02	0,73
		Inapt	1.005,15	2,19	84,82			
Conceição do Castelo	369,45	Improper soil	41,89	0,09	3,53	41,89	0,09	3,53
		Improper area	2,45	0,01	0,66	2,45	0,01	0,66
		Apt				1,54	0,00	0,42
		Thermic restriction	361,06	0,79	97,73	296,68	0,65	80,30
		Thermic restriction with complementary irrigation				64,55	0,14	17,47
Divino de São Lourenço	174,09	Inapt	1,71	0,00	0,46			
		Improper soil	4,22	0,01	1,14	4,22	0,01	1,14
		Improper area	21,16	0,05	12,16	21,16	0,05	12,16
		Apt				0,57	0,00	0,33
Domingos Martins	1.229,37	Thermic restriction	150,16	0,33	86,25	149,59	0,33	85,93
		Thermic restriction with complementary irrigation				2,77	0,01	1,59
		Improper soil	2,77	0,01	1,59	2,77	0,01	1,59
		Improper area	8,88	0,02	0,72	8,88	0,02	0,72
Dores do Rio Preto	158,30	Apt				14,27	0,03	1,16
		Thermic restriction	1.179,83	2,57	95,97	1.180,81	2,57	96,05
		Thermic restriction with complementary irrigation				0,17	0,00	0,01
		Inapt	15,43	0,03	1,25			
		Improper soil	25,23	0,05	2,05	25,23	0,05	2,05
Ecoporanga	2.287,59	Improper area	19,60	0,04	12,38	19,60	0,04	12,38
		Apt				2,45	0,01	1,55
		Apt with complementary irrigation				0,00	0,00	0,00
		Thermic restriction				125,33	0,27	79,17
		Thermic restriction with complementary irrigation	128,13	0,28	80,94	0,02	0,00	0,01
		Improper soil	3,42	0,01	2,16	3,42	0,01	2,16
Fundão	286,77	Improper area	9,94	0,02	0,43	9,94	0,02	0,43
		Thermic restriction	163,10	0,35	7,13	0,26	0,00	0,01
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,02	0,00	0,00	1.381,76	3,01	60,40
		Thermic restriction with obligatory irrigation				788,61	1,72	34,47
		Inapt	2.007,94	4,37	87,78			
		Improper soil	94,54	0,21	4,13	94,54	0,21	4,13
Governador Lindenberg	359,91	Improper area	34,17	0,07	11,92	34,17	0,07	11,92
		Thermic restriction	23,79	0,05	8,30	134,47	0,29	46,89
		Thermic restriction with complementary irrigation				91,27	0,20	31,83
		Inapt	201,96	0,44	70,42			
		Improper soil	26,67	0,06	9,30	26,67	0,06	9,30
Governador Lindenberg	359,91	Improper area	1,75	0,00	0,49	1,75	0,00	0,49
		Thermic restriction	32,75	0,07	9,10	0,01	0,00	0,00
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,03	0,00	0,01	337,20	0,73	93,69
		Thermic restriction with obligatory irrigation				7,32	0,02	2,03
		Inapt	311,75	0,68	86,62			

		Improper soil	13,63	0,03	3,79	13,63	0,03	3,79
Guaçuí	468,84	Improper area	3,63	0,01	0,77	3,63	0,01	0,77
		Thermic restriction	461,22	1,00	98,37	453,40	0,99	96,71
		Thermic restriction with complementary irrigation				7,72	0,02	1,65
		Improper soil	2,75	0,01	0,59	2,75	0,01	0,59
Guarapari	589,14	Improper area	246,32	0,54	41,81	246,32	0,54	41,81
		Thermic restriction	210,29	0,46	35,69	327,08	0,71	55,52
		Thermic restriction with complementary irrigation				4,36	0,01	0,74
		Inapt	121,15	0,26	20,56			
		Improper soil	8,15	0,02	1,38	8,15	0,02	1,38
Ibatiba	238,98	Improper area	2,56	0,01	1,07	2,56	0,01	1,07
		Apt				3,42	0,01	1,43
		Apt with complementary irrigation				0,01	0,00	0,00
		Thermic restriction	211,26	0,46	88,40	39,53	0,09	16,54
		Thermic restriction with complementary irrigation				167,87	0,37	70,24
		Improper soil	25,07	0,05	10,49	25,07	0,05	10,49
Ibiraçu	201,20	Improper area	6,19	0,01	3,08	6,19	0,01	3,08
		Thermic restriction	78,65	0,17	39,09	105,78	0,23	52,58
		Thermic restriction with complementary irrigation				64,04	0,14	31,83
		Inapt	91,18	0,20	45,32			
		Improper soil	25,19	0,05	12,52	25,19	0,05	12,52
Ibitirama	330,76	Improper area	91,61	0,20	27,70	91,61	0,20	27,70
		Apt				1,15	0,00	0,35
		Thermic restriction	239,03	0,52	72,27	237,84	0,52	71,91
		Thermic restriction with complementary irrigation				0,05	0,00	0,01
Iconha	203,56	Improper area	2,59	0,01	1,27	2,59	0,01	1,27
		Thermic restriction	142,25	0,31	69,88	192,19	0,42	94,42
		Thermic restriction with complementary irrigation				8,78	0,02	4,31
		Inapt	58,71	0,13	28,84			
Irupi	185,01	Improper area	5,15	0,01	2,78	5,15	0,01	2,78
		Apt				0,09	0,00	0,05
		Apto with complementarry irrigation				0,00	0,00	0,00
		Thermic restriction	176,17	0,38	95,22	57,71	0,13	31,20
		Thermic restriction with complementary irrigation				118,36	0,26	63,97
		Improper soil	3,69	0,01	2,00	3,69	0,01	2,00
Itaguaçu	535,18	Improper area	2,46	0,01	0,46	2,46	0,01	0,46
		Apto with complementarry irrigation				0,05	0,00	0,01
		Thermic restriction	137,50	0,30	25,69	0,04	0,00	0,01
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,09	0,00	0,02	242,91	0,53	45,39
		Thermic restriction with obligatory irrigation				261,06	0,57	48,78
		Inapt	366,47	0,80	68,48			
		Improper soil	28,65	0,06	5,35	28,65	0,06	5,35
Itapemirim	562,07	Improper area	51,46	0,11	9,15	51,46	0,11	9,15
		Thermic restriction	0,03	0,00	0,01	0,49	0,00	0,09
		Thermic restriction with complementary irrigation				450,05	0,98	80,07
		Inapt	450,52	0,98	80,15			
		Improper soil	59,25	0,13	10,54	59,25	0,13	10,54
Itarana	295,21	Improper area	0,98	0,00	0,33	0,98	0,00	0,33
		Thermic restriction	202,92	0,44	68,74	37,11	0,08	12,57
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,04	0,00	0,01	223,31	0,49	75,64
		Thermic restriction with obligatory irrigation				20,42	0,04	6,92
		Inapt	77,88	0,17	26,38			
		Improper soil	13,39	0,03	4,54	13,39	0,03	4,54

Iúna	459,88	Improper area	57,10	0,12	12,42	57,10	0,12	12,42
		Apt				7,50	0,02	1,63
		Thermic restriction	399,91	0,87	86,96	184,40	0,40	40,10
		Thermic restriction with complementary irrigation				207,90	0,45	45,21
		Inapt	0,02	0,00	0,00			
		Improper soil	1,39	0,00	0,30	1,39	0,00	0,30
Jaguaré	659,43	Improper area	9,96	0,02	1,51	9,96	0,02	1,51
		Thermic restriction with complementary irrigation				545,35	1,19	82,70
		Thermic restriction with obligatory irrigation				0,17	0,00	0,03
		Inapt	545,52	1,19	82,73			
		Improper soil	103,95	0,23	15,76	103,95	0,23	15,76
Jerônimo Monteiro	162,10	Improper area	2,17	0,00	1,34	2,17	0,00	1,34
		Thermic restriction	42,51	0,09	26,23	31,57	0,07	19,47
		Thermic restriction with complementary irrigation				124,53	0,27	76,82
		Inapt	113,59	0,25	70,07			
		Improper soil	3,83	0,01	2,37	3,83	0,01	2,37
João Neiva	284,67	Improper area	4,78	0,01	1,68	4,78	0,01	1,68
		Thermic restriction	75,11	0,16	26,39	48,38	0,11	16,99
		Thermic restriction with complementary irrigation				171,76	0,37	60,34
		Thermic restriction with obligatory irrigation				0,17	0,00	0,06
		Inapt	145,19	0,32	51,00			
		Improper soil	59,58	0,13	20,93	59,58	0,13	20,93
Laranja da Terra	458,74	Improper area	0,99	0,00	0,22	0,99	0,00	0,22
		Thermic restriction	187,91	0,41	40,96			
		Thermic restriction with complementary irrigation				305,04	0,66	66,50
		Thermic restriction with obligatory irrigation				151,41	0,33	33,01
		Inapt	268,56	0,58	58,54			
Linhares	3.501,64	Improper area	340,95	0,74	9,74	340,95	0,74	9,74
		Thermic restriction	120,83	0,26	3,45	0,81	0,00	0,02
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,11	0,00	0,00	2.138,64	4,65	61,08
		Thermic restriction with obligatory irrigation				1,63	0,00	0,05
		Inapt	2.020,14	4,40	57,69			
		Improper soil	1.007,44	2,19	28,77	1.007,44	2,19	28,77
Mantenópolis	320,52	Improper area	3,06	0,01	0,96	3,06	0,01	0,96
		Thermic restriction	206,33	0,45	64,37			
		Thermic restriction with complementary irrigation	56,73	0,12	17,70	276,61	0,60	86,30
		Thermic restriction with obligatory irrigation				36,08	0,08	11,26
		Inapt	49,96	0,11	15,59			
Marataízes	130,23	Improper area	13,12	0,03	10,07	13,12	0,03	10,07
		Thermic restriction with complementary irrigation				108,57	0,24	83,37
		Thermic restriction with obligatory irrigation				0,04	0,00	0,03
		Inapt	108,66	0,24	83,44			
		Improper soil	7,61	0,02	5,84	7,61	0,02	5,84
Marechal Floriano	285,39	Improper area	1,22	0,00	0,43	1,22	0,00	0,43
		Thermic restriction	284,17	0,62	99,57	284,17	0,62	99,57
Marilândia	308,96	Improper area	2,77	0,01	0,90	2,77	0,01	0,90
		Thermic restriction	37,16	0,08	12,03	0,02	0,00	0,01
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,01	0,00	0,00	246,84	0,54	79,89
		Thermic restriction with obligatory irrigation				22,81	0,05	7,38
		Inapt	232,50	0,51	75,25			
		Improper soil	36,52	0,08	11,82	36,52	0,08	11,82

Mimoso do Sul	869,90	Improper area	6,67	0,01	0,77	6,67	0,01	0,77
		Apt				0,64	0,00	0,07
		Thermic restriction	296,97	0,65	34,14	221,10	0,48	25,42
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,07	0,00	0,01	597,64	1,30	68,70
		Thermic restriction with obligatory irrigation				0,33	0,00	0,04
		Inapt	522,72	1,14	60,09			
		Improper soil	40,91	0,09	4,70	40,91	0,09	4,70
Montanha	1.099,22	Improper area	4,95	0,01	0,45	4,95	0,01	0,45
		Thermic restriction	0,33	0,00	0,03			
		Thermic restriction with complementary irrigation				11,90	0,03	1,08
		Thermic restriction with obligatory irrigation				1.080,44	2,35	98,29
		Inapt	1.092,01	2,38	99,34			
Mucurici	541,40	Improper area	3,75	0,01	0,69	3,75	0,01	0,69
		Thermic restriction with complementary irrigation				16,90	0,04	3,12
		Thermic restriction with obligatory irrigation				516,94	1,13	95,48
		Inapt	534,04	1,16	98,64			
Muniz Freire	679,34	Improper area	3,52	0,01	0,52	3,52	0,01	0,52
		Apt				8,13	0,02	1,20
		Apt with complementary irrigation				0,01	0,00	0,00
		Thermic restriction	632,79	1,38	93,15	422,00	0,92	62,12
		Thermic restriction with complementary irrigation				221,50	0,48	32,60
		Inapt	18,84	0,04	2,77			
		Improper soil	24,19	0,05	3,56	24,19	0,05	3,56
Muqui	327,71	Improper area	3,85	0,01	1,18	3,85	0,01	1,18
		Apt				0,10	0,00	0,03
		Thermic restriction	223,10	0,49	68,08	186,94	0,41	57,05
		Thermic restriction with complementary irrigation				133,84	0,29	40,84
		Inapt	97,78	0,21	29,84			
		Improper soil	2,98	0,01	0,91	2,98	0,01	0,91
Nova Venécia	1.441,94	Improper area	28,45	0,06	1,97	28,45	0,06	1,97
		Thermic restriction	26,57	0,06	1,84			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,02	0,00	0,00	537,14	1,17	37,25
		Thermic restriction with obligatory irrigation				810,17	1,76	56,19
		Inapt	1.320,73	2,87	91,59			
		Improper soil	66,18	0,14	4,59	66,18	0,14	4,59
Pancas	829,93	Improper area	4,15	0,01	0,50	4,15	0,01	0,50
		Thermic restriction	217,94	0,47	26,26			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,29	0,00	0,03	497,17	1,08	59,91
		Thermic restriction with obligatory irrigation				174,67	0,38	21,05
		Inapt	453,66	0,99	54,66			
		Improper soil	152,28	0,33	18,35	152,28	0,33	18,35
Pedro Canário	433,61	Improper area	7,01	0,02	1,62	7,01	0,02	1,62
		Thermic restriction with complementary irrigation				92,80	0,20	21,40
		Thermic restriction with obligatory irrigation				331,19	0,72	76,38
		Inapt	424,28	0,92	97,85			
		Improper soil	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Pinheiros	972,75	Improper area	29,13	0,06	2,99	29,13	0,06	2,99
		Thermic restriction	0,01	0,00	0,00			
		Thermic restriction with complementary irrigation				185,82	0,40	19,10
		Thermic restriction with obligatory irrigation				757,79	1,65	77,90
		Inapt	943,61	2,05	97,00			

Piúma	73,96	Improper area	8,45	0,02	11,42	8,45	0,02	11,42
		Thermic restriction	40,18	0,09	54,33	13,54	0,03	18,31
		Thermic restriction with complementary irrigation				26,64	0,06	36,01
		Inapt	24,64	0,05	33,32			
		Improper soil				24,64	0,05	33,32
Ponto Belo	360,60	Improper area	3,04	0,01	0,84	3,04	0,01	0,84
		Thermic restriction	1,28	0,00	0,36			
		Thermic restriction with complementary irrigation				174,28	0,38	48,33
		Thermic restriction with obligatory irrigation				180,31	0,39	50,00
		Inapt	353,31	0,77	97,98			
Presidente Kennedy	583,53	Improper soil	2,97	0,01	0,82	2,97	0,01	0,82
		Improper area	4,98	0,01	0,85	4,98	0,01	0,85
		Thermic restriction	0,22	0,00	0,04	0,17	0,00	0,03
		Thermic restriction with complementary irrigation				491,12	1,07	84,16
		Thermic restriction with obligatory irrigation				26,33	0,06	4,51
Rio Bananal	642,02	Inapt	517,42	1,13	88,67			
		Improper soil	60,08	0,13	10,30	60,08	0,13	10,30
		Improper area	3,98	0,01	0,62	3,98	0,01	0,62
		Thermic restriction	31,01	0,07	4,83	0,00	0,00	0,00
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,05	0,00	0,01	607,59	1,32	94,64
Rio Novo do Sul	204,50	Thermic restriction with obligatory irrigation				0,51	0,00	0,08
		Inapt	577,04	1,26	89,88			
		Improper soil	29,94	0,07	4,66	29,94	0,07	4,66
		Improper area	2,37	0,01	1,16	2,37	0,01	1,16
		Thermic restriction	90,89	0,20	44,45	122,98	0,27	60,14
Santa Leopoldina	717,99	Thermic restriction with complementary irrigation				56,96	0,12	27,85
		Inapt	89,04	0,19	43,54			
		Improper soil	22,20	0,05	10,86	22,20	0,05	10,86
		Improper area	1,80	0,00	0,25	1,80	0,00	0,25
		Thermic restriction	479,85	1,04	66,83	686,86	1,49	95,66
Santa Maria de Jetibá	735,33	Thermic restriction with complementary irrigation				12,38	0,03	1,72
		Inapt	219,39	0,48	30,56			
		Improper soil	16,95	0,04	2,36	16,95	0,04	2,36
		Improper area	4,30	0,01	0,58	4,30	0,01	0,58
		Apt				1,41	0,00	0,19
Santa Teresa	683,11	Thermic restriction	731,03	1,59	99,42	712,80	1,55	96,94
		Thermic restriction with complementary irrigation				16,82	0,04	2,29
		Improper area	48,41	0,11	7,09	48,41	0,11	7,09
		Thermic restriction	508,46	1,11	74,43	309,50	0,67	45,31
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,08	0,00	0,01	302,53	0,66	44,29
São Domingos do Norte	298,54	Thermic restriction with obligatory irrigation				0,74	0,00	0,11
		Inapt	104,23	0,23	15,26			
		Improper soil	21,94	0,05	3,21	21,94	0,05	3,21
		Improper area	0,48	0,00	0,16	0,48	0,00	0,16
		Thermic restriction	7,04	0,02	2,36			
São Gabriel da Palha	434,81	Thermic restriction with complementary irrigation	0,01	0,00	0,00	269,46	0,59	90,26
		Thermic restriction with obligatory irrigation				26,70	0,06	8,94
		Inapt	289,12	0,63	96,84			
		Improper soil	1,89	0,00	0,63	1,89	0,00	0,63
		Improper area	5,55	0,01	1,28	5,55	0,01	1,28
		Thermic restriction	5,31	0,01	1,22			

		Thermic restriction with complementary irrigation	0,00	0,00	0,00	344,41	0,75	79,21
		Thermic restriction with obligatory irrigation				84,69	0,18	19,48
		Inapt	423,79	0,92	97,46			
		Improper soil	0,15	0,00	0,03	0,15	0,00	0,03
São José do Calçado	273,82	Improper area	1,58	0,00	0,58	1,58	0,00	0,58
		Apt				0,10	0,00	0,04
		Thermic restriction	181,85	0,40	66,41	114,04	0,25	41,65
		Thermic restriction with complementary irrigation				148,68	0,32	54,30
		Thermic restriction with obligatory irrigation				0,06	0,00	0,02
		Inapt	81,05	0,18	29,60			
		Improper soil	8,70	0,02	3,18	8,70	0,02	3,18
São Mateus	2.338,18	Improper area	52,71	0,11	2,25	52,71	0,11	2,25
		Thermic restriction	0,60	0,00	0,03			
		Thermic restriction with complementary irrigation				1.676,13	3,65	71,69
		Thermic restriction with obligatory irrigation				384,54	0,84	16,45
		Inapt	2.060,07	4,48	88,11			
		Improper soil	221,37	0,48	9,47	221,37	0,48	9,47
São Roque do Canaã	341,99	Improper area	3,92	0,01	1,15	3,92	0,01	1,15
		Thermic restriction	91,52	0,20	26,76	8,01	0,02	2,34
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,15	0,00	0,04	233,03	0,51	68,14
		Thermic restriction with obligatory irrigation				69,80	0,15	20,41
		Inapt	219,18	0,48	64,09			
		Improper soil	27,22	0,06	7,96	27,22	0,06	7,96
Serra	547,44	Improper area	148,45	0,32	27,12	148,45	0,32	27,12
		Thermic restriction	2,80	0,01	0,51	138,62	0,30	25,32
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,00	0,00	0,00	125,25	0,27	22,88
		Inapt	261,06	0,57	47,69			
		Improper soil	133,59	0,29	24,40	133,59	0,29	24,40
Sooretama	586,48	Improper area	222,01	0,48	37,85	222,01	0,48	37,85
		Thermic restriction with complementary irrigation				361,06	0,79	61,56
		Thermic restriction with obligatory irrigation				0,11	0,00	0,02
		Inapt	361,17	0,79	61,58			
		Improper soil	3,29	0,01	0,56	3,29	0,01	0,56
Vargem Alta	413,70	Improper area	3,39	0,01	0,82	3,39	0,01	0,82
		Apt				6,17	0,01	1,49
		Thermic restriction	376,72	0,82	91,06	384,94	0,84	93,05
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,02	0,00	0,01	13,73	0,03	3,32
		Inapt	28,10	0,06	6,79			
		Improper soil	5,47	0,01	1,32	5,47	0,01	1,32
Venda Nova do Imigrante	185,99	Improper area	3,25	0,01	1,75	3,25	0,01	1,75
		Apt				2,16	0,00	1,16
		Thermic restriction	178,83	0,39	96,15	175,51	0,38	94,37
		Thermic restriction with complementary irrigation				1,16	0,00	0,62
		Improper soil	3,91	0,01	2,10	3,91	0,01	2,10
Viana	312,22	Improper area	8,85	0,02	2,83	8,85	0,02	2,83
		Thermic restriction	96,81	0,21	31,01	225,90	0,49	72,35
		Thermic restriction with complementary irrigation				77,48	0,17	24,81
		Inapt	206,57	0,45	66,16			
Vila Pavão	433,23	Improper area	1,55	0,00	0,36	1,55	0,00	0,36
		Thermic restriction	3,02	0,01	0,70			
		Thermic restriction with complementary irrigation	0,01	0,00	0,00	267,85	0,58	61,83
		Thermic restriction with obligatory irrigation				146,85	0,32	33,90
		Inapt	411,68	0,90	95,03			

		Improper soil	16,98	0,04	3,92	16,98	0,04	3,92
		Improper area	2,04	0,00	0,43	2,04	0,00	0,43
		Thermic restriction	8,58	0,02	1,82			
Vila Valério	470,21	Thermic restriction with complementary irrigation				430,63	0,94	91,58
		Thermic restriction with obligatory irrigation				37,54	0,08	7,98
		Inapt	459,59	1,00	97,74			
		Improper area	106,37	0,23	50,68	106,37	0,23	50,68
		Thermic restriction	0,05	0,00	0,02	16,01	0,03	7,63
Vila Velha	209,87	Thermic restriction with complementary irrigation				79,49	0,17	37,88
		Inapt	95,45	0,21	45,48			
		Improper soil	5,63	0,01	2,68	5,63	0,01	2,68
		Improper area	27,49	0,06	31,84	27,49	0,06	31,84
		Thermic restriction with complementary irrigation				9,26	0,02	10,72
Vitória	86,33	Inapt	9,26	0,02	10,72			
		Improper soil	44,09	0,10	51,07	44,09	0,10	51,07