

**INSTITUTO FEDERAL DO ESPIRITO SANTO  
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM AGRICULTURA SUSTENTÁVEL**

**CÉSAR SANTOS CARVALHO**

**VARIABILIDADE DAS CHUVAS E DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA USO NA  
AGRICULTURA IRRIGADA NA MICROBACIA DO TANCREDO, MUNICÍPIO DE  
SÃO ROQUE DO CANAÃ/ES**

Colatina  
2018

CÉSAR SANTOS CARVALHO

**VARIABILIDADE DAS CHUVAS E DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA USO NA  
AGRICULTURA IRRIGADA NA MICROBACIA DO TANCREDO, MUNICÍPIO DE  
SÃO ROQUE DO CANAÃES**

Trabalho de Monografia da Pós-Graduação Lato Ssensu apresentado à banca da Coordenadoria da Pós-graduação do Instituto Federal do Espírito Santo como requisito para a obtenção do título de especialista em Agricultura Sustentável.

Orientadora: D.Sc. Elisa Cristina Soares de Carvalho

Colatina  
2018

(Biblioteca Professor Elias Minassa do Instituto Federal do Espírito Santo)

C331v Carvalho, César Santos.

Variabilidade das chuvas e disponibilidade hídrica para uso na agricultura irrigada na Micro Bacia Tancredo, Município de São Roque do Canãa/ES / César Santos Carvalho. – 2018.

51 f. : il. ; 30 cm

Orientadora: Elisa Cristina Soares de Carvalho.

Monografia (pós-graduação) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Agricultura sustentável.

1. Disponibilidade hídrica 2. Q \_ 90. 3. Gotejamento. 4. Outorga. I. Carvalho, César Santos. II. Carvalho, Elisa Cristina Soares de. III. Instituto Federal do Espírito Santo. IV. Título.

CDD 551.6



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
Autarquia criada pela Lei nº 11.852, de 29 de dezembro de 2008  
Campus Itapina

## ATA DE DEFESA

### CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Colatina (ES), 22 de novembro de 2018.

Aos 22 dias do mês de novembro do ano de dois mil e dezoito, às 19 horas e 10 minutos, foi realizada, no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) campus Itapina, a defesa pública da monografia do(a) aluno(a) César Santos Carvalho, intitulado VARIABILIDADE DAS CHUVAS E DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA USO NA AGRICULTURA IRRIGADA NA MICROBACIA DO TANCREDO, MUNICÍPIO DE SÃO ROQUE DO CANAÁ/ES. Os trabalhos foram iniciados pela Professora Orientadora Elisa Cristina Soares de Carvalho, presidente da Banca Examinadora, constituída pelos seguintes membros: Prof. Robson Prucoli Posse e Prof. Evandro Chaves de Oliveira. A Banca Examinadora avaliou o trabalho e atribuiu a nota média, no valor de ( 8,9 ) oito vírgula nove, sendo o(a) discente considerado(a) Aprovado(a). Encerrados os trabalhos, os Examinadores deram ciência, ao examinado, da decisão. Proclamado a decisão pela Profª Elisa Cristina Soares de Carvalho, presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos, e para constar eu, confiro e assino a presente Ata juntamente com os membros da Banca Examinadora.

(Presidente) Prof. Elisa Cristina Soares de Carvalho

  
Assinatura

(Membro1) Prof. Evandro Chaves de Oliveira

  
Assinatura

(Membro2) Prof. Robson Prucoli Posse

  
Assinatura

## **DECLARAÇÃO DO AUTOR**

Declaro, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que este Trabalho de Conclusão de Curso pode ser parcialmente utilizado, desde que se faça referência à fonte e ao autor.

Colatina, 22 de novembro de 2018.

---

**César Santos Carvalho**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho com todo carinho ao meus pais Expedito e Lélia pelo incentivo a todo momento pela procura do saber.

A minha esposa Anézia, aos filhos César Filho e Pedro Antônio e ao neto Pedro Carvalho pelo carinho, compreensão e paciência nos momentos de dificuldade demonstrando sempre que podemos alcançar nossos objetivos quando temos interesse no nosso ideal.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente Deus, por nos dar sabedoria e forças para que eu possa evoluir a cada dia.

A minha família, que sempre me apoiou e me incentivou, nunca deixando que desistisse dos meus sonhos.

A minha orientadora Profa. Elisa Cristina Soares de Carvalho por ter me aceitado como orientado, me ajudado na ideia e no decorrer de todo o trabalho.

Aos professores Gustavo Haddad de Souza Vieira; Evandro Chaves de Oliveira e Robson Prucoli Pose do IFES pelo suporte técnico durante o trabalho.

Aos professores em geral que contribuíram para a minha formação.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural- Incaper pela oportunidade concedida de realização da especialização.

Ao Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce pelo apoio logístico na realização dos trabalhos de campo.

A Agência Estadual de Recursos Hídricos- AGERH na pessoa do Sr. Pedro Ramos na disponibilização dos dados da pesquisa de campo de cadastramento de usuários de recursos hídricos.

Ao Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Espírito Santo-IDAF, na pessoa do Sr. Pedro de Sá

Aos produtores rurais do Córrego Tancredo que concederam o imóvel para realização dos trabalhos de campo.

Aos professores em geral que contribuíram para a minha formação.

Ao IFES - Campus Itapina pela abertura do curso, onde possibilitou a oportunidade de adquirir conhecimentos para o ganho profissional e posteriormente o compartilhamento com a sociedade de todo o aprendizado adquirido neste período.

## EPÍGRAFE

*“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim”*

*Emmanuel/Francisco Cândido Xavier*

## RESUMO

A água é um recurso natural essencial para a vida e sua disponibilidade em quantidade e qualidade traz segurança para os diferentes usos. Neste sentido, objetiva-se com esse trabalho caracterizar a variabilidade das chuvas e disponibilidade hídrica para uso na agricultura irrigada na Microbacia do Tancredo em, São Roque do Canãa/ES. A série de dados climáticos estudadas compreendeu o período de 1980 a 2015. Os procedimentos metodológicos pautaram-se em cálculos estatísticos da média, dos desvios anuais e de frequência das distribuições dos totais anuais de precipitação pluvial, e na aplicação do método do balanço hídrico climatológico. Em relação aos resultados da variabilidade de chuvas constatou-se uma média de 1152,2 mm.ano<sup>-1</sup>, onde 50 % dos anos apresentaram desvios abaixo da média da precipitação, sendo que 69,5 % apresentaram como chuvas normais para a série estudada. Constatou-se uma tendência de redução de 6,0 mm.ano<sup>-1</sup> das chuvas. O balanço hídrico resultou em nove meses de deficiência hídrica com um total de 269,8 mm e três meses (novembro a janeiro) de excedente hídrico com um total de 55,4 mm. Para obtenção da eficiência da irrigação foram avaliados a irrigação em quinze imóveis rurais com diferentes sistemas de irrigação do tipo gotejamento, microspray, microaspersão e aspersão. Os resultados constaram que o sistema de melhor eficiência foi o Gotejamento e o pior foi o microspray. Os dados oriundos do cadastramento promovido pelo órgão gestor de recursos hídricos também foram analisados. Conclui-se que a continuidade desta tendência de redução da precipitação poderá resultar em impactos negativos nos diferentes setores da sociedade bem como o comprometimento das vazões requeridas pelos usuários com as disponíveis (Q<sub>90</sub>) pela legislação de uso dos recursos hídricos (outorga).

Palavras-chaves: disponibilidade hídrica; Q<sub>90</sub>; gotejamento; outorga.

## ABSTRACT

Water is an essential natural resource for life and its availability in quantity and quality brings safety to different uses. In this sense, the objective of this work is to characterize the rainfall variability and water availability for use in irrigated agriculture in the Tancredo Microbasin in, São Roque do Canãa / ES. The series of climatic data studied covered the period from 1980 to 2015. The methodological procedures were based on statistical calculations of the mean, annual deviations and frequency of the distributions of annual rainfall totals, and the application of the climatological water balance method . Regarding the results of rainfall variability, it was observed a mean of 1152.2 mm.year<sup>-1</sup>, where 50% of the years presented deviations below the rainfall average, and 69.5% presented normal rainfall for the series studied. It was observed a tendency of reduction of 6.0 mm.<sup>-1</sup> of rainfall. The water balance resulted in nine months of water deficit with a total of 269.8 mm and three months (November to January) of water surplus with a total of 55.4 mm. Irrigation efficiency was evaluated in fifteen rural properties with different irrigation systems such as drip irrigation, microspray, micro sprinkler and sprinkler irrigation. The results showed that the best efficiency system was Drip and the worst was the microspray. Data from the registry promoted by the water resources management body were also analyzed. It is concluded that the continuity of this tendency to reduce precipitation may result in negative impacts on the different sectors of society, as well as the commitment of the flows required by users with those available (Q<sub>90</sub>) by water use legislation (granting).

Keywords: water availability; Q<sub>90</sub>; drip; grant.

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                     | <b>12</b> |
| 2.1 RECURSOS HÍDRICOS.....  | 12        |
| 2.2 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA PARA AGRICULTURA.....                       | 13        |
| 2.2.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIAL.....   | 16        |
| 2.2.2 BALANÇO HÍDRICO .....   | 17        |
| 2.2.3 USO EFICIENTE DA IRRIGAÇÃO.....                                   | 18        |
| 2.3 GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS .....                            | 19        |
| 2.3.1 OUTORGA DE DIREITO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....              | 21        |
| <b>3 OBJETIVOS.....</b>   | <b>22</b> |
| 3.1 GERAL .....   | 22        |
| 3.1 ESPECÍFICOS .....   | 22        |
| <b>4 METODOLOGIA .....</b>  | <b>22</b> |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO .....                                      | 22        |
| 4.2 VARIABILIDADE SAZONAL DAS PRECIPITAÇÕES .....                       | 25        |
| 4.3 DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO .....                 | 26        |
| 4.4 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA IRRIGAÇÃO.....   | 27        |
| 4.5 CADASTRAMENTO DE USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS.....                 | 29        |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>                                  | <b>31</b> |
| 5.1 VARIABILIDADE SAZONAL E INTERANUAL DAS CHUVAS .....                 | 31        |
| 5.2 AVALIAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO.....                     | 34        |
| 5.3 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE DISTRIBUIÇÃO DA IRRIGAÇÃO.....           | 37        |
| 5.4 ANÁLISE DO CADASTRAMENTO DOS USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS<br>..... | 39        |
| <b>6 CONCLUSÃO .....</b>  | <b>40</b> |
| <b>7 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>                                | <b>41</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>43</b> |
| <b>APÊNDICES .....</b>  | <b>46</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Os usos dos recursos naturais estão à disposição da sociedade antrópica para atendimento de suas necessidades imediatas e geração de riquezas necessárias à sua sustentação, onde destacamos a água como um dos recursos mais extraordinários e indispensáveis no nosso meio para a condição de vida no planeta. Até bem pouco tempo, os recursos hídricos eram considerados um recurso natural renovável infinito principalmente no Brasil, em função da abundância no nosso território, onde possui 8% das reservas mundiais, concentrando 18% do potencial de água da superfície do planeta (MAIA NETO,1997). Apesar destes números exuberantes, quando consideramos a distribuição destes recursos hídricos por região, ou seja, na bacia amazônica (região norte e centro-oeste) com 80% destes recursos e 7% da população; região nordeste com 3,3% dos recursos e 27% da população e região sul e sudeste 16,7% dos recursos e 66% da população, observamos respectivamente abundância; escassez e conflitos de uso por regiões.

Neste cenário, quando consideramos a disponibilidade absoluta de recursos hídricos renováveis, aquela relativa a população dependente de água, o Brasil deixa de ser o primeiro e passa a ser o vigésimo terceiro no mundo (PROJETO ÁGUA,1998).

O Estado do Espírito Santo, tem como uma das bases de sua economia O setor agropecuário, onde a estrutura fundiária predominante é caracterizada por pequenas propriedades apresentando um percentual de 88,0 % De imóveis rurais com até 50,0 hectares, com tamanho médio de 33,0 hectares, conforme o Censo Agropecuário de 2006, tendo como consequência o predomínio da agricultura familiar, onde desenvolve suas atividades com forte cunho social, econômico e ambiental (IBGE,2006).Segundo o Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura 2007-2025, o agronegócio capixaba responde por 30% do PIB- estadual, gerando empregos para 40% da população economicamente ativa, 28% diretamente vinculada à agricultura. No Espírito Santo, 80% dos municípios são dependentes de atividades agrícolas (SEAG, 2008).

Por sua vez, o município de São Roque do Canãa, apresenta-se com estas características marcantes, sendo relatado pela Secretaria Municipal de

Administração, que 89,3 % das propriedades rurais possuem uma área inferior a 75,0 ha (PROATER,2011). Todo o seu território está incluído na Unidade Amostral (UA) da Bacia do Santa Maria do Doce, sendo que nesta área de bacia composta por outros municípios (Itarana; Itaguaçu; parte de Santa Teresa; parte de Colatina) o uso da água para irrigação corresponde a 93% das retiradas, seguido pelo abastecimento público com aproximadamente 4% e o uso industrial e dessedentação de animais como inexpressivos.

Considerando São Roque do Canaã; Itaguaçu e Itarana mais de 70% dos imóveis rurais possuem irrigação (PARH- CBH Doce/2010). No município de São Roque do Canaã, em específico a Microbacia do Tancredo, a mesma encontra-se situada na região baixa com clima quente e seco e altitudes abaixo de 500 m e a escassez de água na época seca tem gerado sérios conflitos de vizinhança, necessitando da intervenção do Ministério Público Estadual através do Termo de Ajuste de Conduta – TAC (PROATER, 2011).

Do início do ano de 2014 até o final de 2017 o cenário de estiagem no estado do Espírito Santo foi gravíssimo, ocasionado até racionamento de água nos centros urbanos com consequências terríveis no setor agropecuário com redução drástica de safra nas diferentes atividades agrícolas gerando com isso um cenário de prejuízo econômico enorme, de grande repercussão social, principalmente para o setor agropecuário altamente dependente das condições climáticas.

O conhecimento da realidade de uma bacia hidrográfica é de suma importância para o planejamento das ações a serem implementadas na área, sejam elas pelos moradores e dependentes das atividades agrícolas e também pelo poder público na elaboração das políticas públicas que afetam diretamente aos usuários dos recursos hídricos da região.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 RECURSOS HÍDRICOS**

A água, elemento indispensável para condição de vida no planeta terra, ocupa 71% da superfície do planeta, onde 97% deste total constituem de água salgada, 2,07%

de água doce em geleiras e calotas polares (água em estado sólido) e apenas 0,63% restam de água doce não totalmente aproveitadas por questões de inviabilidade técnica, econômica e financeira e sustentabilidade ambiental (MAIA NETO,1997).

A questão de disponibilidade de uso dos recursos hídricos pode ser a causa de grandes conflitos podendo até em certos momentos ser a cauda de guerras, em função dos estudos estimarem o aumento de consumo de duas vezes mais a cada 20 anos, por isso passa a ser um recurso estratégico devido a sua escassez e por seus valores social, econômico e ambiental (MAIA NETO,1997).

Segundo Shiklomanov, (1998), a disponibilidade hídrica do mundo está estimada em 40.000 km<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>.Em relação a este volume, apenas 10% (4000 Km<sup>3</sup>) são captados para uso humano com origem em rios, e apenas 10%, ou seja, 2000 Km<sup>3</sup> são utilizados e o restante devolvidos aos cursos d'água com qualidade deteriorada. Essa matemática de uso de apenas 50% do volume captado pode momentaneamente sugerir que não teremos escassez de água, mas nem todo recurso hídrico nos rios e lagos estão disponíveis para uso direto, ou seja, o consumo deve ser moderado. (RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL E MUNDO,2001).

De acordo com Lima, (1996), o ciclo hidrológico representa uma sequência de circulação da água no nosso meio em três partes distintas do planeta terra: atmosfera; hidrosfera e a litosfera numa profundidade de 1 Km da litosfera até 15 km da atmosfera. Assim o ciclo da água envolve vários e complicados processos: evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação, escoamento superficial, etc. O total de água existente no planeta, presa ao ciclo hidrológico, é estimada em 1,4 x 10<sup>18</sup> m<sup>3</sup>. Esse total, na fase líquida, seria suficiente para cobrir a superfície terrestre com uma camada de 2,7 km de água.

## 2.2 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA PARA AGRICULTURA

Historicamente, a utilização da água, seja de forma indireta na produção de alimentos com aproveitamento das precipitações ou mesmo na captação direta para irrigação esteve intimamente relacionada com as atividades antrópicas para

produção de suas riquezas. Portanto, a água é elemento essencial na segurança de produção de alimentos no setor agropecuário. De uma maneira geral o setor agropecuário é maior consumidor de água, onde no mundo, o percentual está na casa dos 69% de toda água captada seja ele superficial ou subterrânea e os 31% são consumidos pelos outros setores como abastecimento público e industrial (CHRISTOFIDIS,1997).

A nível mundial a China e a Índia se destacam com uma área de 70 milhões de hectares (Mha) cada e o Brasil está incluído entre os dez países com maiores áreas irrigadas totalizando 6,95 milhões de hectares, representando apenas 20% da área potencial de irrigação. Este número até impressiona, pois, a irrigação no Brasil é muito recente com início no século XX (cultura do arroz no Rio Grande do Sul) e expansão nos anos de 1970 e 80 principalmente nas regiões do Nordeste e Centro-Oeste (CONJUNTURA RECURSOS HÍDRICOS BRASIL, 2017).

Atualmente segundo o “Anuário Irrigação”, o seu potencial para expansão de área irrigada é de 76,2 Mha, considerando critérios físicos e de ocupação (solos, relevo, área disponível para agropecuária, unidades de conservação de proteção integral, disponibilidade hídrica superficial, necessidades hídricas das culturas de referência, outros usos da água, etc.). Este potencial é apresentado por classes de aptidão de solo-relevo (alta com 21,8 média com 25,9 e baixa com 28,5). Nesta estimativa a região Centro-Oeste se destaca com índices 43,1% de potencialidade efetiva de expansão da irrigação enquadrada na aptidão alta e com 34,2% das áreas classificadas com aptidão alta-média. As interpretações destes dados indicam as regiões com maiores potenciais de incremento das atividades agrícolas irrigadas com a região centro-sul com destaque para Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul Além de Minas Geias e Bahia (ATLAS IRRIGAÇÃO,2017).

Especificamente para o Estado do Espírito Santo o mesmo apresenta um potencial de 165 mil há representando um percentual de 0,6%. A nível nacional temos um potencial efetivo de irrigação é de 11,2 milhões de ha de ampliação, representando 14,4% da área, ou seja, aquelas áreas de maiores qualidades nos aspectos de solo-relevo, logística de transporte, energia elétrica e exclusão de áreas de prioridade

ambiental. Neste sentido fazendo uma projeção para 2030 teremos um aumento efetivo de 28% representando uma área de 3,14 milhões de ha. O setor agropecuário é responsável por 46% das captações em corpos hídricos e por 67% do consumo de água que não retorna diretamente. A demanda total de água para irrigação no Brasil é de  $969 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  e consumo de  $745 \text{ mil l} \cdot \text{s}^{-1}$  para uma área de 6,95 milhões de hectares para o ano de 2015 (ATLAS IRRIGAÇÃO/ANA,2017).

Em nível mundial, a demanda hídrica em 1995 foi calculada para os setores da irrigação ( $2.503 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ ), indústria ( $715 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ ) e abastecimento ( $354 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ ) considerando uma população mundial de 5.520 milhões de habitantes, sendo que a estimativa para 2050 é de uma população mundial de 8.284 milhões de habitantes com uma demanda estimada para o setor agrícola de  $3.162 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ ; setor industrial de  $1.106 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$  e abastecimento de  $645 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$  (SHIKLOMANOV,1997). Assim, as disponibilidades hídricas precisam ser ampliadas e, para tanto, são necessários investimentos em pesquisa e desenvolvimento tecnológico para exploração viável e racional da água (MAIA NETO,1997).

Segundo Crhistofidis (2001), a contribuição dada pela irrigação no aumento de produção de alimentos é um fato inegável. Atualmente, estima-se que 18% da área agrícola do mundo sejam irrigadas, a qual é responsável pela produção de aproximadamente 42% do montante de alimentos mundial.

Considerando que existe um aumento natural da população mundial nas próximas décadas e a mesma está diretamente relacionada com maior demanda de alimentos e conseqüentemente maior eficiência de produção agrícola para atender as necessidades da segurança alimentar, onde naturalmente ocorrerá aumento de áreas irrigadas e também maior consumo dos recursos hídricos para atender os diversos usos dos diferentes setores da sociedade. O “Atlas Irrigação” apresenta uma projeção até o ano 2030 entre a relação da área plantada, água retirada e consumida. Este aumento da expansão da produção agrícola é bem restrito para agricultura não irrigada devida as condições naturais como solo, relevo, sazonalidade da disponibilidade hídrica e também do próprio processo de desertificação de nossos solos

### 2.2.1 Precipitação Pluvial

A preocupação com a variabilidade dos volumes das chuvas, vem crescendo desde meados do século XX, em função da ocorrência de estiagens prolongadas e até mesmo das inundações em centros urbanos. Com isso o estudo destas variações vem despertando cada vez mais interesse da academia na busca do entendimento destas variações climáticas.

O comportamento climático de determinada região é influenciado por sistemas de circulação atmosféricas, onde o conhecimento das noções gerais do comportamento das massas de ar que acabam determinando o clima da região. Segundo Nimer, (1972) no estado do Espírito Santo temos três correntes de circulação, a saber: sistema dinâmico de circulação do Sul, sistema dinâmico de circulação do E e sistema dinâmico de circulação do W.

Silva et al. (2010) analisando séries temporais de precipitação de todo o Brasil para o período 1961 a 2008, encontraram padrões diferenciados e muito regionalizados nas tendências de aumento e diminuição das precipitações. Em termos anuais, a faixa leste da região Sul do Brasil destaca-se como área com tendências positivas significativas, desde o centro do Rio Grande do Sul até o Paraná.

Sant'anna Neto (1995) analisou o comportamento das chuvas no Estado de São Paulo, em três períodos distintos (1888/1993; 1941/1993 e 1971/1993), onde abordou a variabilidade e tendência do fenômeno pluvial como uma contribuição à Climatologia Regional.

Segundo Lima, (1996) a precipitação média no planeta é de  $940 \text{ mm.ano}^{-1}$ , onde cerca de 70 % retorna a atmosfera pelo processo da evapotranspiração.

Coelho (2006) estudou a variabilidade espacial das chuvas na cidade de Belo Horizonte/MG, a partir da expansão das estações pluviométricas instaladas em 2003. Os resultados indicaram um verdadeiro ganho com estes novos pontos de coletas, que totalizaram 14 estações diferentemente das seis anteriores. A autora constatou que o acréscimo de estações pluviométricas é importante para análise das chuvas em áreas urbanas.

### 2.2.2 Balanço Hídrico

O conhecimento das condições edafoclimáticas são de grande importância para o planejamento das atividades agrícolas de uma região. A ciência vem avançando com o monitoramento das condições climáticas, apesar de serem ainda pouco utilizados na tomada de decisões no setor agrícola. Fatores como precipitação e temperatura são determinantes no processo de tomada de decisão, em função das especificidades de cada cultura em relação a estes fatores.

A determinação do Balanço Hídrico Climatológico de uma região serve de base para o zoneamento agroclimático na caracterização climática, na demanda de água das culturas irrigadas e no conhecimento do regime hidrológico da região.

O monitoramento da precipitação é realizado por postos e estações meteorológicas e por imagens de satélites. No Brasil, seu monitoramento é feito, principalmente, pelos postos meteorológicos. Podem ser adquiridos nos postos da Agência Nacional das Águas – ANA, nas estações do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência técnica e extensão rural – INCAPER, dentre outros. Porém, esses postos estão mal distribuídos e com baixa densidade.

O balanço hídrico climatológico (BHC) permite quantificar as entradas e saídas de água, que auxiliam na determinação dos períodos mais críticos de deficiência hídrica no solo, possibilitando a determinação de quanto e quando irrigar com base em um monitoramento histórico, a fim de garantir maiores e melhores produções. Também se aplica no acompanhamento da disponibilidade hídrica regional, em tempo real sendo, nesse caso, balanço hídrico sequencial ou seriado, calculando-se o balanço em períodos sequenciais ao longo do ano ou dos anos, e não mais com valores normais (PEREIRA et al., 2002).

O balanço hídrico climatológico, descrito por Thornthwaite e Mather (1955) é uma das diversas maneiras de se monitorar o armazenamento de água no solo. Partindo-se do suprimento natural de água para o solo, simbolizado pelas chuvas e da Demanda atmosfera, simbolizada pela evapotranspiração potencial, e com um armazenamento máximo apropriado para a planta cultivada, o balanço hídrico

fornece estimativas do armazenamento de água no solo, evapotranspiração real, da deficiência hídrica e do excedente hídrico em diversas escalas de tempo.

Em função da tomada de decisão, o balanço hídrico pode ser classificado como o balanço hídrico normal e o balanço hídrico sequencial. O Balanço hídrico (BH) normal ou climatológico: É frequentemente apresentado na escala mensal e para um “ano médio”, de maneira cíclica. O BH normal é importante ferramenta para o planejamento agrícola, caracterização climática de uma região, servindo de subsídio para a determinação da melhor época e tipo de manejo da exploração agrícola. A Determinação do Balanço Hídrico Normal leva em consideração os dados de precipitação, Evapotranspiração Potencial (ETP) e Evapotranspiração Real (ETR). Os dados são lançados mensalmente, onde são quantificadas as informações de excedente Hídrico; Reposição; Retirada e Déficit Hídrico ao longo do ano. (LCE, 306; Meteorologia Aplicada, ESAQ/USP, 2002).

### **2.2.3 Uso eficiente da Irrigação**

O avanço da ciência ao longo da história também pode ser observado nos sistemas de irrigação, onde podemos constatar melhorias significativas nos modelos de irrigação localizadas proporcionando condições de obtenção de altas eficiências considerando um bom dimensionado do projeto.

Nas condições atuais, o futuro da irrigação envolve produtividade e rentabilidade, com eficiência no uso da água, energia, insumos e respeito ao meio ambiente (Mantovani et al., 2009). Segundo Carvalho et al. (2008) o uso eficiente da água é um índice bastante utilizado para a avaliação da eficiência no uso da água pelas culturas. Ele normalmente é determinado pela relação entre a produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e a quantidade de água utilizada pela planta (mm). A uniformidade de aplicação da água de irrigação influencia, diretamente, a produtividade da cultura e a energia consumida no bombeamento de água, sendo que a produtividade tende a aumentar com a uniformidade de aplicação da irrigação (SOARES et al., 1993).

A uniformidade é um parâmetro que afeta diretamente a lâmina bruta de irrigação, pois esta é parte componente da eficiência de irrigação. Assim, quanto maior a

uniformidade, menor será a lâmina necessária para se atingir a mesma produtividade (MANTOVANI et al., 2009).

Para que as plantas que recebem menor lâmina sejam supridas hidricamente, deve-se aumentar a lâmina aplicada. Isto faz com que as demais plantas recebam água em excesso, que se perderá por percolação profunda (LOPEZ et al., 1992)

De acordo com Mantovani et al. (2009) o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é considerado por muitos o principal parâmetro que descreve a uniformidade de irrigação, sendo usado para medir a variabilidade espacial da lâmina de água aplicada pelo sistema de irrigação.

A manutenção errônea do sistema de irrigação pode causar decréscimo de 60% ou mais na uniformidade de aplicação, resultando no aumento da quantidade de água aplicada, para compensar a baixa uniformidade e por consequência reduzindo a produtividade (SOUZA,2000).

De acordo com Keller e Bliesner (1990), um valor de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) baixo indica que as perdas devido à percolação profunda podem ser grandes se a irrigação adequada é aplicada a todas as áreas. Mesmo para as culturas de baixo valor econômico, valores de CUC menores que 75% são considerados baixos. Para as culturas de valor econômico mais elevado o CUC maior que 84% é recomendado. No entanto, a uniformidade ótima é determinada pelo valor econômico da cultura, pelo valor da água aplicada e pela resposta das culturas à irrigação e aos déficits hídricos. Neste caso como as culturas irrigadas da microbacia do Tancredo possuem elevado valor econômico, o CUC recomendado deve ser superior a 84 %.

### 2.3 GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

O marco inicial do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil acontece, quando da publicação do Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934 conhecido como Código das Águas, com um foco direcionado a geração de energia e a sua utilização múltipla, demonstrando preocupação com o uso das águas com uma legislação ultrapassada e buscando o interesse da coletividade nacional.

O grande avanço na gestão dos recursos hídricos veio com a promulgação da Lei 9433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGERH, 1997), onde destacamos no seu Artigo 1º as considerações da Política Nacional dos Recursos Hídricos, como a água é um bem de domínio público dotado de valor econômico procurando atender ao uso múltiplo tendo a bacia hidrográfica com unidade de gestão para implantação das Políticas Nacional de Recursos Hídricos.

Segundo Dourado Neto, Saad e Lier (1991), pela constituição brasileira a ordem de prioridade para o uso da água tem em primeiro lugar o consumo humano, depois a indústria e pôr fim a agricultura.

A nível estadual temos a Lei 10.179/2004, que cria a Política Estadual de Recursos Hídricos e dispõe institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo- SINGERH/ES. Destaca-se nesta lei o capítulo IV, que trata dos instrumentos de gestão em especial na seção IV no seu artigo 18º estão sujeitos a outorga, independentemente da natureza pública ou privada dos usuários, os seguintes usos de água de domínio do estado”

Item II: armazenamento, derivação ou captação de parcela de água existente em corpo de água, para consumo final, inclusive abastecimento público ou insumo de processo produtivo.

A Agência Estadual de Recursos Hídricos- (AGERH), a partir das Resoluções nº 007/2015 e 008/2015 reconhecem o Acordo de Cooperação comunitária (ACC), como instrumentos de gestão, pactuação e conciliação de uso de recursos hídricos nos momentos de crise hídrica. Os Acordos de Cooperação Comunitária, são documentos que reúnem conjunto de ações e normas relacionados ao uso das águas, decididos coletivamente, e que garantiram as condições para o uso compartilhado dos recursos hídricos em tempos de crise hídrica ou não. Devem ser executados pelos comitês de bacias hidrográficas envolvendo todos os setores: Poder Público, Civil e usuários, com homologação da Agência Estadual de Recursos Hídricos.

A bacia do Rio Santa Maria do Doce teve seu ACC homologado em 22/03/2016, em função da Resolução N° 005/2016, que dispõe sobre o cenário de alerta frente ao prolongamento da escassez hídrica e Resolução N° 006/2016, que dispõe sobre a dessedentação humana e dos animais no contexto do cenário de alerta emitidas pela AGERH. Este acordo foi suspenso conforme publicação no Diário Oficial do Estado do Espírito Santo em 07/05/2018 retroativo a 02 de fevereiro de 2018.

Outros instrumentos de gestão dos recursos hídricos foram utilizados como os Termos de Ajustes de Conduta- TAC' foram adotados na bacia por intermédio do Ministério Público Estadual.

### **2.3.1 Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos**

A Política Nacional de Recursos Hídricos determina, que o uso dos recursos hídricos passa a ser concedido pelo poder público (Outorga), onde assegura aos usuários deste recurso o direito de uso da água. Neste sentido a outorga passa ser um instrumento de gestão no aspecto da legalidade e controle de uso tanto no aspecto quantitativo e qualitativo da água assegurando uma distribuição mais justa deste recurso.

De acordo com legislação Estadual Lei nº 10.179/14, o uso de recursos hídricos para fins diversos necessita de outorga, sendo que o Índice de Comprometimento (IC), para cada curso d'água está estabelecido pelos parâmetros do licenciamento, ou seja, 50,0 % da vazão sem interferência e apenas 25,0 % da metade para captação.

A hidrografia da bacia está dividida pelos cursos d'água principais com seus afluentes, sendo que cada trecho possui sua vazão específica e sua Q90. O Q90 (vazão sem interferência) de cada curso d'água foi determinado pelo "Projeto Águas Limpas" em 2009, onde foi realizado o estudo da regionalização de vazões para determinação de vazões insignificantes para as 12 Bacias Hidrográficas do Estado do Espírito Santo.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 GERAL**

Caracterizar a variabilidade das chuvas e disponibilidade hídrica para uso na agricultura irrigada na microbacia do Tancredo, município de São Roque do Canãa/ES.

#### **3.1 ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos são:

- Identificar a variabilidade mensal e interanual do regime de precipitação pluvial da área estudada, utilizando-se a série histórica de 1980 a 2015.
- Elaborar o Balanço Hídrico Climatológico da região utilizando uma série histórica de 35 anos de precipitação pluvial e temperatura.
- Avaliar a eficiência dos sistemas de irrigação instalados, possibilitando recomendações de alterações nos sistemas de baixa eficiência, proporcionando assim melhorias no manejo da irrigação;
- Analisar cadastrado de usuários dos recursos hídricos e comparar demanda hídrica atual de uso agropecuário na bacia do Tancredo;
- Contribuir para a tomada de decisões para o incremento de área irrigada e implantação de políticas públicas de gerenciamento de uso dos recursos hídricos;

### **4 METODOLOGIA**

#### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO**

O município de São Roque do Canãa está localizado na latitude 19° 44' 23" S e longitude 40° 39' 24" W, possuindo duas regiões distintas no aspecto topográfico, ou

seja, região alta com altitude superior a 500 m chegando a 1.143 m na cabeceira do córrego Jacutinga na divisa com o município de Itaguaçu (2,6 %), onde predomina o clima frio e úmido e região baixa com clima quente e seco (87%) com altitudes inferiores a 500 m chegando a 80 m na foz do córrego Picadão do Mutum no Rio Mutum ( PROATER,2011).

De acordo com o Atlas da Mata Atlântica do estado do Espírito Santo (2007-2008/2012-2015) o uso e ocupação do solo do município encontra-se ocupado de pastagem com 35,7 %; café 16,4 %; Mata nativa com 12,7%; Mata nativa em estágio inicial de desenvolvimento com 8,7%; macega com 6,3%; afloramento rochoso com 7,0 % e outras classes com 12,6 %.

Figura 1 – Mapa do município/distritos

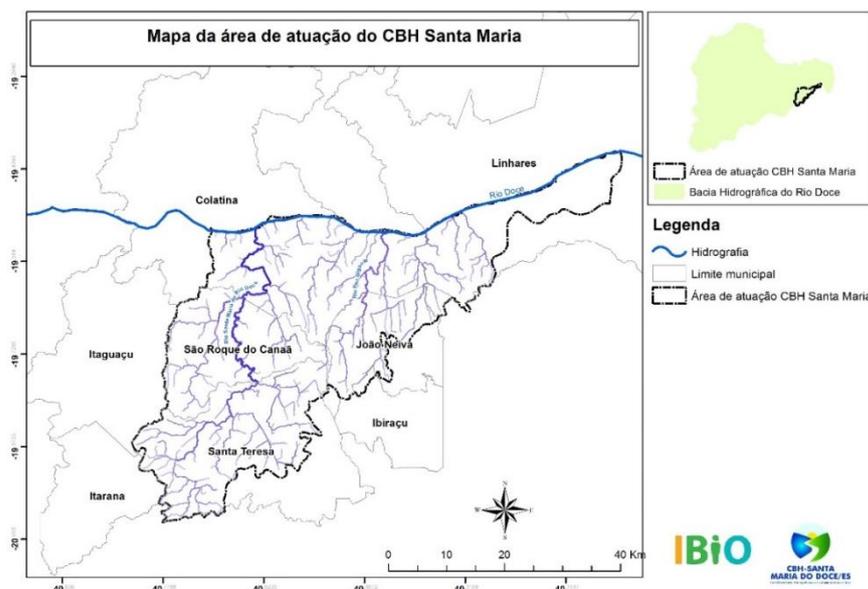


Fonte: INCAPER/GEOBASES

A área em estudo encontra-se inserida no distrito de Santa Júlia possuindo uma área de drenagem de 59,93 Km<sup>2</sup>, sendo dividida em cinco microrregiões assim denominadas: Alto Tancredo; Tancredo, Alto Tancredinho; Tancredinho e parte da área de baixo Santa Júlia. Esta região possui dois cursos d'água principais que são o Tancredinho e Tancredo, onde todos são afluentes do Rio Santa Júlia.

Todo o território do município encontra-se na área de atuação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce (Figura 2), além de áreas parciais dos municípios de Santa Teresa; Colatina; João Neiva e Ibiracú.

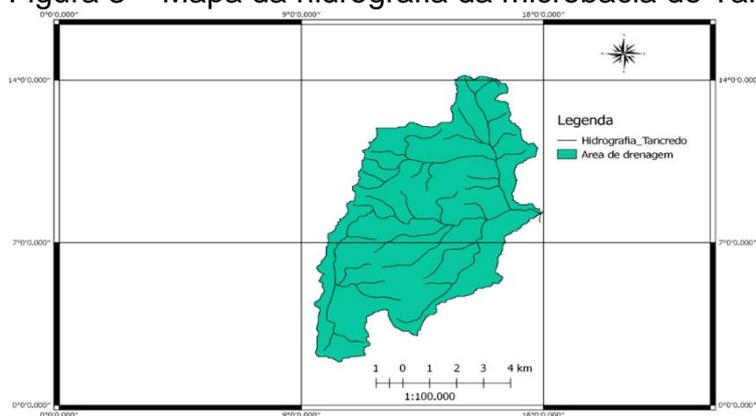
Figura 2 – Mapa da hidrografia da bacia do Santa Maria do Doce



Fonte: IBIO/CBH DOCE, 2010

Esta região possui dois cursos d'água principais que são o Tancredinho e Tancredo, onde todos são afluentes do Rio Santa Júlia.

Figura 3 – Mapa da hidrografia da microbacia do Tancredo

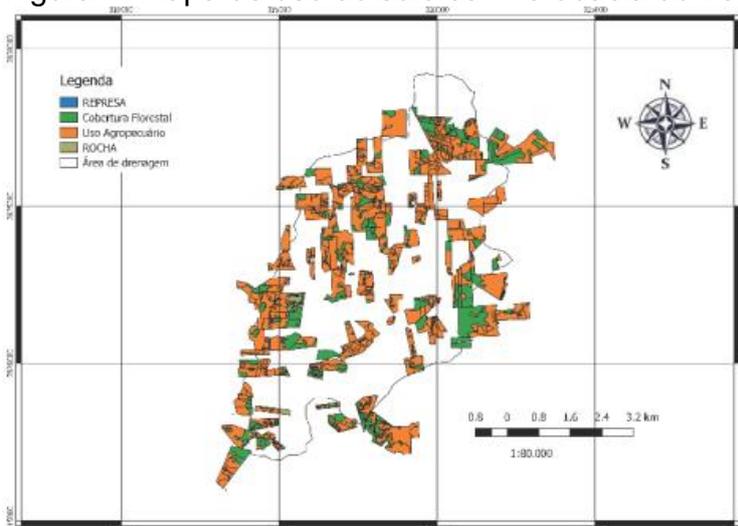


Fonte: Adaptado AGERH, 2017

As informações de uso do solo da bacia foram fornecidas pelo IDAF através do Cadastro Ambiental Rural (CAR), onde até a data de 04/04/2018 um total de 122 imóveis rurais haviam protocolados no órgão para atendimento a legislação vigente. A área total cadastrada corresponde a 53,4 % da área da bacia, ou seja,

aproximadamente metade da área está informada. Deste cadastro algumas informações de uso e ocupação do solo são interessantes como uma área alterada de solo com pastagem; culturas anuais e culturas permanentes de 23,5 Km<sup>2</sup>; área de vegetação natural com 8,08 Km<sup>2</sup> e represas num total de 37 com área de lâmina d'água total de 20,3 ha (Figura 4).

Figura 4: Mapa de uso do solo da microbacia do Tancredo



Fonte: Adaptado IDAF

## 4.2 VARIABILIDADE SAZONAL DAS PRECIPITAÇÕES

A variação anual das precipitações observadas nesse período, foi realizada por meio de análise dos desvios anuais de precipitação, que foram calculados através da diferença entre a precipitação anual, total e média climatológica da série de estudo. Valores positivos representam valores de precipitação acima da média, e valores negativos representam precipitação abaixo da média.

Realizou-se também a análise de frequência das distribuições dos totais anuais das chuvas. Para tal utilizou-se a escala proposta por Meis et al. (1981), na qual pode ser definido da seguinte forma: Intermediários (Normal) para valores anuais próximo da média, enquanto para valores de chuva que se afastaram da média foram considerados como anos mais secos (Muito seco) e mais úmidos (Muito chuvoso). Foi considerada uma escala de variação de 25% do valor da média para os anos intermediários; valores acima deste se caracterizaram como anos muito chuvosos e abaixo dos 25%, anos secos.

As precipitações médias anuais, no período de 35 anos, foram distribuídas graficamente, sendo ajustada uma curva de tendência. Esta curva de tendência foi expressa por um modelo linear do tipo  $y = a + bx$ , onde  $x$  é a variável tempo,  $y$  a variável precipitação média no período de 1980 a 2015.

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO

O balanço Hídrico Climatológico para a Bacia do Tancredo foi realizado conforme metodologia proposta por Thornthwaite & Mather (1955) e esses cálculos foram realizados com o auxílio da planilha eletrônica de Excel criada por Rolim et al. (1998). Ao aplicar este método, considerou-se que a capacidade de água disponível em campo (CAD) é de 100 mm, sendo este valor representativo para as plantas agrícolas em geral (Camargo, 1971; Tubelis & Nascimento, 1983) e para a realização do cálculo da evapotranspiração potencial, foi utilizado o método de Thornthwaite (1948).

Os dados da série histórica foram obtidos das planilhas do Conjunto de dados de variáveis meteorológicas diárias no Brasil (1980 a 2013) de Pesquisa e publicação por Alexandre C. Xavier, Bridget R. Scanlon & Carey W. King (2016). As informações foram obtidas, de estações, que são operadas pelo governo federal (INMET e ANA) e estaduais (DAEE São Paulo) num total de 3625 estações pluviométricas e 735 estações meteorológicas, sendo os dados gerados em grides de alta resolução ( $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ ) com dados de precipitação diária e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e de cinco variáveis climáticas geralmente necessárias para estimar evapotranspiração para o Brasil (temperatura máxima e mínima; radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento).

Inicialmente foi realizado o balanço hídrico anual desde 1980 até o ano de 2015, onde pode-se observar características para determinadas situações e posteriormente um único balanço hídrico de 1980 até o ano de 2015, com o intuito de verificar o déficit; excedente e recarga dos recursos hídricos. Na Tabela 1, observa-se as temperaturas e precipitações médias mensais da série analisada.

Tabela 1: Dados médios de Temperatura e precipitação mensal de 1980 a 2015.

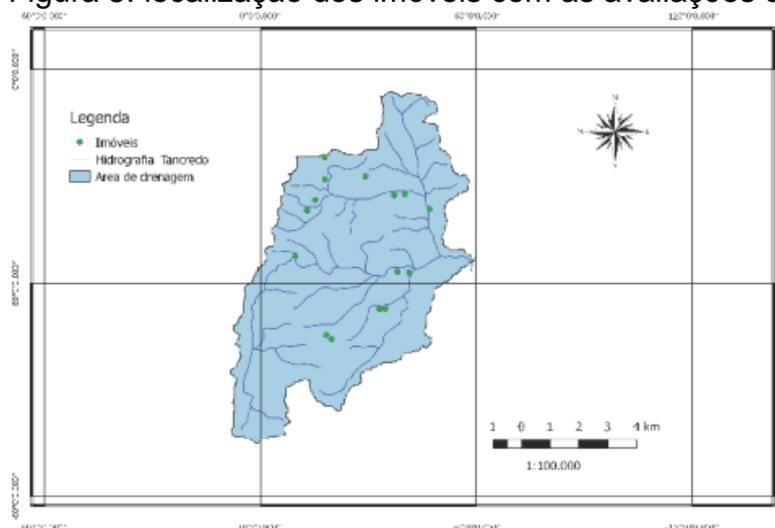
| Mês    | Jan  | Fev. | Mar   | Abr. | Mai  | Jun. | Jul. | Ago. | Set  | Out  | Nov. | Dez  | Anual  |
|--------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| T (°C) | 26,9 | 27,4 | 26,9  | 25,5 | 23,5 | 22,2 | 21,7 | 22,3 | 23,4 | 24,8 | 25,3 | 26,2 | 24,7   |
| P (mm) | 166  | 90,9 | 134,2 | 70,5 | 40,7 | 29,1 | 26,5 | 36   | 43,1 | 96,3 | 195  | 223  | 1151,2 |

Fonte: próprio autor

#### 4.4 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA IRRIGAÇÃO

A microbacia possui quatro microrregiões, onde se procurou avaliar sistemas de irrigações em todas essas localidades. As propriedades foram escolhidas aleatoriamente de acordo com a anuência do proprietário e procurando a representatividade de cada região totalizando 15 sistemas de irrigação. Dos quinze sistemas avaliados (figura 5), três foram com microaspersões em lavouras de banana e goiaba; sete com microspray em lavouras de café conilon e banana; quatro com gotejamentos em lavouras de café conilon e uma aspersão em pastagem. Consistindo na coleta de dados de vazões aplicadas nas lavouras.

Figura 5: localização dos imóveis com as avaliações das irrigações



Fonte: Adaptado AGERH,2018.

Para a coleta de dados no campo e seu processamento, foi utilizada a metodologia proposta por Denículi (1980). Para tanto, para os sistemas de gotejamento e microspray, foram coletadas as vazões em oito emissores ao longo da linha lateral, utilizando a seguinte proporção: o primeiro gotejador; o segundo situado a 1/3; o terceiro a 2/3 do comprimento da linha lateral; e o último gotejador. Foram

escolhidas quatro linhas dentro do setor, resultando assim em 32 valores de vazões. As linhas laterais foram dispostas na linha de derivação da seguinte forma: a primeira linha lateral; a linha lateral situada a 1/3; a linha lateral situada a 2/3; e a última linha lateral. Para o sistema de microspray foi utilizado um tempo de 30 segundos e gotejamento de dois minutos.

Para o sistema de microasperão, foram coletadas as vazões em quatro emissores ao longo da linha lateral, utilizando a seguinte proporção: o primeiro gotejador; o segundo situado a 1/3; o terceiro a 2/3 do comprimento da linha lateral; e o último gotejador. Foram escolhidas quatro linhas dentro do setor, resultando assim em 16 valores de vazões. As linhas laterais foram dispostas na linha de derivação da seguinte forma: a primeira linha lateral; a linha lateral situada a 1/3; a linha lateral situada a 2/3; e a última linha lateral. Foi utilizado um tempo de trinta segundos para coleta da vazão.

Para o sistema de aspersão foram utilizados os quatro aspersores, onde os coletores foram posicionados no centro da quadrícula, espaçados de dois em dois metros. Foram utilizados um total de 36 coletores com tempo de uma hora de funcionamento. Após esta coleta foram realizados a medição das vazões dos dois bocais num tempo de trinta segundos nos quatro aspersores e posteriormente realizado a medição da pressão no primeiro e último aspersor, além dos quatro utilizados nas medições. O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foi obtido através da equação 1:

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n \bar{q}} \right) \quad (1)$$

em que

$q_i$  = vazão de cada gotejador ( $L h^{-1}$ );

$\bar{q}$  = vazão média dos gotejadores ( $L h^{-1}$ );

$n$  = número de gotejadores.

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi obtido através da equação 2:

$$CUD = \frac{L_q}{L_m} \cdot 100 \quad (2)$$

em que

$L_q$  = média de 25% dos menores valores de vazões observadas ( $L \cdot h^{-1}$ );

$L_m$  = média de todas as vazões observadas ( $L \cdot h^{-1}$ ).

A classificação dos indicadores de desempenho do sistema de irrigação foi feita seguindo critérios e limites estabelecidos pela literatura específica, segundo a Tabela 2.

Tabela 2. Critérios para classificação do CUC, CUD e CUE

| <b>CLASSIFICAÇÃO</b> | <b>CUC (%)</b> | <b>CUD (%)</b> | <b>CUE (%)</b> |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| Excelente            | > 90           | > 84           | 90 – 100       |
| Bom                  | 80 – 90        | 68 - 84        | 80 – 90        |
| Razoável             | 70 – 80        | 52 - 68        | 70 - 80        |
| Ruim                 | 60 – 70        | 36 - 52        | 60 – 70        |
| Inaceitável          | < 60           | < 36           | < 60           |

Fonte: MANTOVANI (2001)

#### 4.5 CADASTRAMENTO DE USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS

A Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH) em parceria com a Fundação de Apoio e Pesquisa e Inovação (FAPES) realizou uma campanha de cadastramento de usuários de recursos hídricos na bacia do Rio Santa Maria do Doce com apoio do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce, prefeituras municipais, entidades públicas estaduais (INCAPER; IDAF), ONG's, na mobilização e divulgação deste cadastramento com o objetivo de realizar um diagnóstico da disponibilidade hídrica da bacia. Usuário que realizam a captação de água para irrigação ou outro uso devem realizar o cadastramento, que ocorre de forma gratuita, voluntária e declaratória da sua demanda ( $l \cdot h^{-1}$ ), sistema de irrigação, área irrigada, turno de rega e local da captação. No ato do cadastro o usuário recebe o certificado de regularização com a vazão permitida ( $Q_{90}$ ) para aquele curso hídrico e passa a estar regularizado na captação até o recebimento definitivo da outorga. Este cadastramento iniciou-se em agosto e terminou em dezembro de 2017. O cadastramento resultou num quantitativo de 32 imóveis com uma demanda de 132  $l \cdot s^{-1}$ , onde deste total temos 19 captações diretas em cursos d'água; 6 captações em

barramentos com regulação de vazão e 7 captações em barramento sem regulação de vazão. Conforme tabela 3.

Tabela 3: modo de interferência dos usuários na captação dos recursos hídricos na região

| Região            | Captação direta | Captação em barragem com regularização de vazão | Captação em barragem sem regularização de vazão |
|-------------------|-----------------|---|---|
| Alto Tancredinho  | 1               | 1   | 4   |
| Tancredinho       | 7               | 2   | 1   |
| Baixo Santa Júlia | 3               | ----  | ----  |
| Tancredo          | 6               | 2   | 1   |
| Alto Tancredo     | 2               | 1   | 1   |

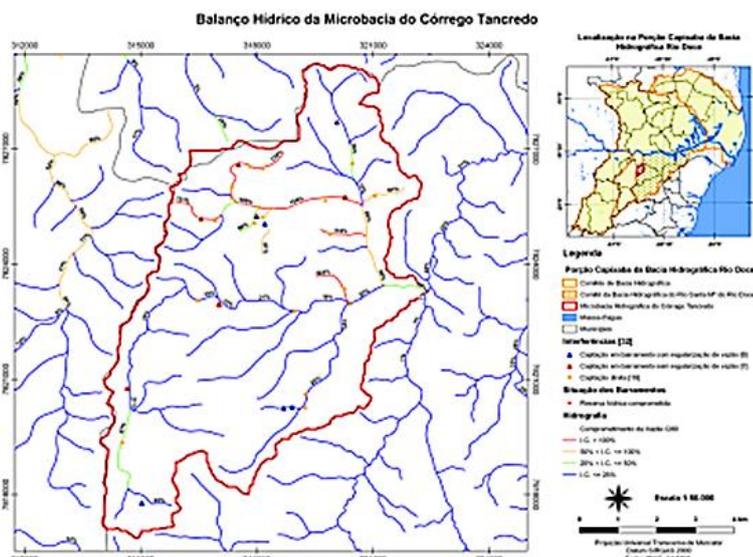
Fonte: próprio autor

Os cadastros foram distribuídos conforme sua localização, onde em função da demanda de água informada foi verificada o comprometimento hídrico do recurso hídrico.

De acordo com legislação Estadual Lei nº 10.179/14, o uso de recursos hídricos para fins diversos necessita de outorga, sendo que o Índice de Comprometimento (IC), para cada curso d'água está estabelecido pelos parâmetros do licenciamento, ou seja, 50,0 % da vazão sem interferência e apenas 25,0 % da metade para captação. Cada curso d'água da bacia possui sua Q<sub>90</sub>, onde a vazão requerida pelo irrigante depende do volume de cada rio/córrego, onde implica no comprometimento de perenização das vazões mínimas de cada curso d'água. Os valores do Q<sub>90</sub> são considerados sem nenhuma interferência, ou seja, vazões onde não acontece nenhuma retirada. A simbologia adotada está em cores onde o azul corresponde ao I.C. menor igual a 25 %, o verde corresponde de 25 % I.C. menor igual a 50 %, o amarelo corresponde a 50% menor I.C. menor igual a 100 %, o vermelho corresponde ao I.C. maior que 100 %. Esta determinação do Q<sub>90</sub> foi realizado no ano de 2003 pelo projeto "Águas Limpas".

Neste cadastro existem barramentos com regularização de vazão (6), onde contribuem para a perenização do curso d'água e sem regularização de vazão (7), que comprometem a regularização da vazão do curso d'água. (FIGURA 6).

Figura 6: Mapa com as interferências nos cursos d'água com suas respectivas capacidades de fornecimento de água no Córrego do Tancredo.

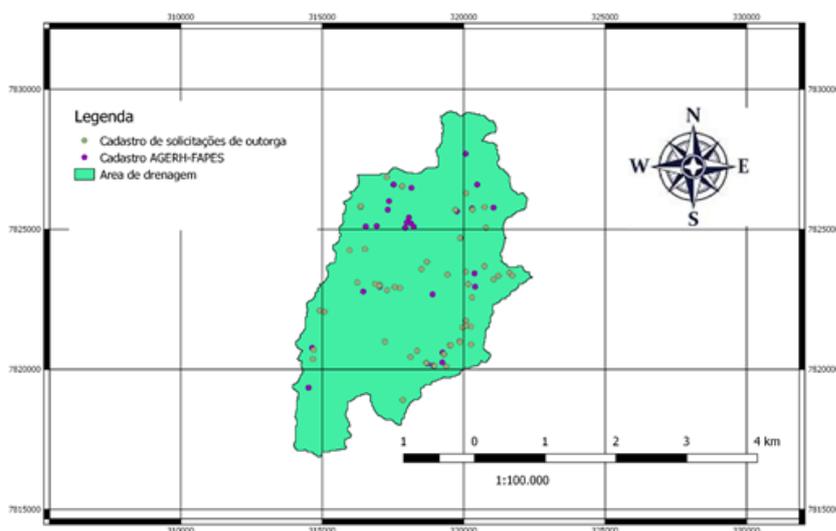


Vazão de referência no exutório = 219,0 l/s

Demanda (32 usuários) = 139,3 l/s

Fonte: AGERH/Projeto FAPES,2017

Figura 7: Mapa da bacia com os cadastros antigos e os novos



Fonte: Adaptado AGERH,2017

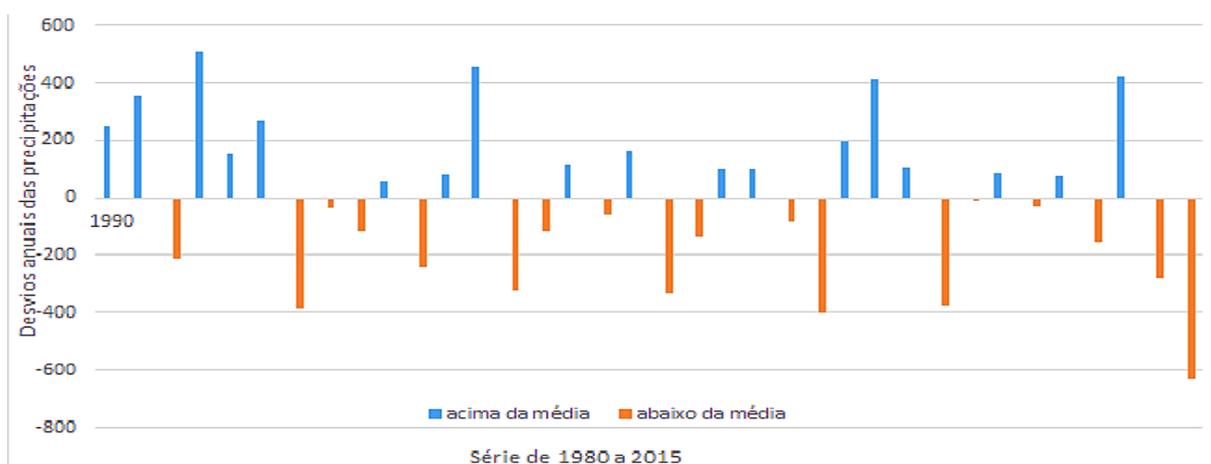
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 VARIABILIDADE SAZONAL E INTERANUAL DAS CHUVAS

A média geral anual das precipitações analisadas foi de 1151.22 mm para o município. Na Figura 8 está representado o desvio anual da precipitação

correspondente a um período de 35 anos, onde 50% dos índices permaneceram abaixo da média anual. Nota-se períodos marcantes de baixa pluviosidade para os anos de 1986, 1993, 1998, 2003, 2007 e 2015 com variações bem abaixo da média. A mais recente e mais severa estiagem observa-se no ano de 2015 onde a pluviosidade chegou a marca de 525 mm abaixo da média anual para o município. Observou-se que os períodos de precipitações baixas mais expressivas e recorrentes aconteceram no decorrer da série, ou seja, a partir de 1993. Observa-se também na Figura 8, anos consecutivos de precipitações acima da média, compreendidos entre 1983 a 1985 e 2004 a 2006, onde pode-se observar uma sequência de valores acima da média no início da série 1980 a 1985, sendo este período o de maior intervalo compreendido.

Figura 8: Desvio total da precipitação anual em relação à média do período (1980 a 2015), São Roque do Canãa/ES



Fonte: Próprio autor

Observa-se na Tabela 4, a quantidade majoritária dos anos permaneceu como anos normais em relação ao índice pluviométrico, mesmo que metade dos dados observados na Figura 8 estavam abaixo da média, estes não se distanciaram o suficiente para serem caracterizados como anos muito secos. Apenas 33,0% dos dados fugiram da normalidade, ou seja, apresentaram variações acima de 25% da médias geral encontrada para o município, sendo 16,6% respectivamente para os anos caracterizados como muito seco e muito chuvoso.

Tabela 4: Totais anuais pluviométricos da série (1980 a 2015).

| Ano  | Total (mm) | Desvio (%) | Caracterização | Ano  | Total (mm) | Desvio (%) | Caracterização |
|------|------------|------------|----------------|------|------------|------------|----------------|
| 1980 | 1400,2     | 21,6       | Normal         | 1998 | 819,2      | -28,8      | Muito seco     |
| 1981 | 1508,3     | 31         | Muito chuvoso  | 1999 | 1014,2     | -11,8      | Normal         |
| 1982 | 940,7      | -18,3      | Normal         | 2000 | 1254,7     | 8,9        | Normal         |
| 1983 | 1659,6     | 44,15      | Muito chuvoso  | 2001 | 1251,7     | 8,6        | Normal         |
| 1984 | 1307,8     | 13,6       | Normal         | 2002 | 1065,6     | - 7,4      | Normal         |
| 1985 | 1419,9     | 23,3       | Normal         | 2003 | 751,7      | - 34,7     | Muito seco     |
| 1986 | 767,9      | -33,3      | Muito seco     | 2004 | 1350,2     | 17,3       | Normal         |
| 1987 | 1112,4     | - 3,4      | Normal         | 2005 | 1561,7     | 35,6       | Muito chuvoso  |
| 1988 | 1035,2     | -10,08     | Normal         | 2006 | 1258       | - 6,65     | Normal         |
| 1989 | 1210,4     | 5,14       | Normal         | 2007 | 774,7      | - 32,7     | Muito seco     |
| 1990 | 907,6      | -21,16     | Normal         | 2008 | 1143,7     | - 2,9      | Normal         |
| 1991 | 1233,7     | 7,2        | Normal         | 2009 | 1235,8     | 7,3        | Normal         |
| 1992 | 1607,4     | 39,6       | Muito chuvoso  | 2010 | 1117,8     | - 2,9      | Normal         |
| 1993 | 827,6      | - 28,11    | Muito seco     | 2011 | 1224,5     | 6,4        | Normal         |
| 1994 | 1036       | - 9,7      | Normal         | 2012 | 997,8      | - 13,3     | Normal         |
| 1995 | 1265,9     | 9,9        | Normal         | 2013 | 1572,9     | 36,6       | Muito chuvoso  |
| 1996 | 1096,2     | - 4,7      | Normal         | 2014 | 873,5      | -24,12     | Normal         |
| 1997 | 1314,2     | 14,2       | Normal         | 2015 | 525        | -54,39     | Muito seco     |

Fonte: Caracterização do ano segundo método proposto por Meis et al. (1981).

Na Figura 9 são expostas as médias históricas de chuva ocorridas no período de 1980 a 2015, onde verifica-se uma grande oscilação do regime de chuvas interanuais, acompanhado de uma pequena tendência linear decrescente nos padrões de chuva. As menores médias atingidas no período estudado se dão mais recentemente, corroborando com essa linha de tendência, sempre havendo nos anos subsequentes aos mais chuvosos uma diminuição substancial da chuva em relação ao ano anterior, no qual 1983 caracterizou-se como muito chuvoso (1659,6 mm.ano<sup>-1</sup>) se repetindo novamente mais quatro vezes com destaque para o ano de 2013, sendo que esta frequência pode estar associada a diversos fenômenos meteorológicos, e identificando-se uma ciclicidade própria, independente da tendência negativa. Entre os anos menos chuvosos observamos uma alternância de períodos, com início em 1983 seguidos por mais cinco vezes em períodos alternados de média de quatro anos e com destaque mais severo em 2015 que exibem médias abaixo de 50 mm.

Ainda é possível observar na Figura 2, a linha de tendência ajustada à série de dados de chuvas anuais, onde é notada uma tendência negativa, com valor de b igual a - 6,3. Este valor representa uma redução de 6,3 mm por ano na precipitação anual.

Figura 9. Distribuição e evolução temporal das chuvas anuais em São Roque do Canãa/ES – ES no período de 1980 a 2015.



Fonte: próprio autor

## 5.2 AVALIAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO

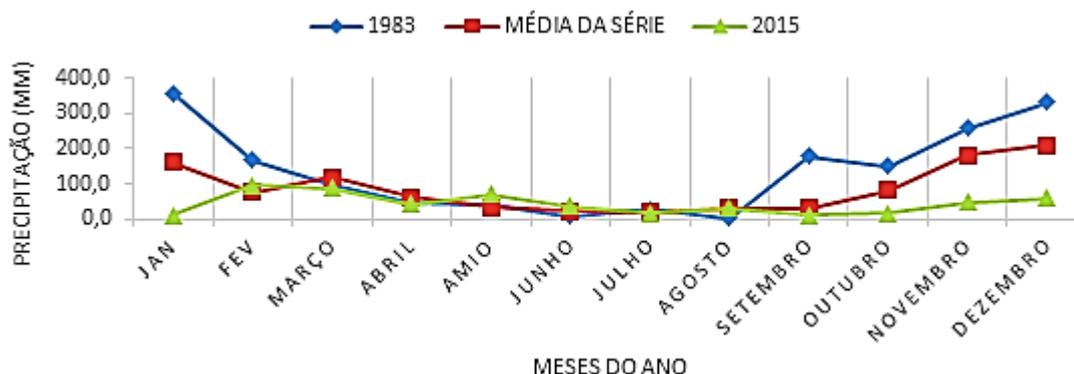
Dentre os anos analisados de 1980 a 2015, os anos de 1986, 1990, 1993, 1998, 2002, 2003, 2007, 2014 e 2015 não possuíram excedentes hídricos. Os déficits hídricos anuais foram de 709,6 mm, 645,3 mm, 724,8 mm, 793,0 mm, 454,5 mm, 799,4 mm, 637,3, 348,0 mm e 834,7 mm respectivamente. O déficit hídrico da série foi de 269,8 mm.

Os valores dos déficits hídricos anuais superaram o valor de 200 mm. Nesta situação segundo Matielo et al. (2005) na qual locais com déficit hídrico anual acima de 200 mm são consideradas inaptas para o cultivo sem irrigação. Desta forma a região do Tancredo se enquadraria nesta caracterização. Nestes anos podemos observar uma Evapotranspiração Potencial- (ETP), sempre maior que a precipitação tendo como consequência a deficiência hídrica.

Considerando a distribuição das chuvas nos anos de 1983 e 2015 em relação a precipitação média da série, podemos observar quantitativos acima da média nos

meses de setembro a fevereiro para o ano de 1983 e valores inferiores em relação a 2015, conforme Figura 10.

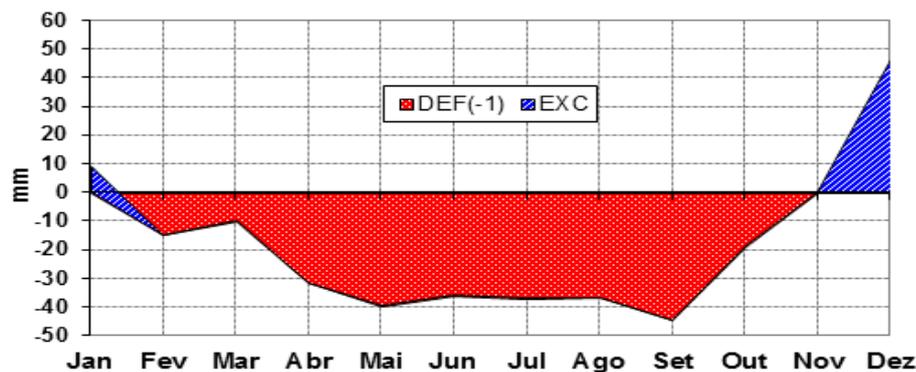
Figura 10. Pluviosidade mensal média, mínima e máxima (A) e pluviosidade mensal média, de 2015 (muito seco) e 1983 (muito chuvoso) (B)



Fonte: próprio autor

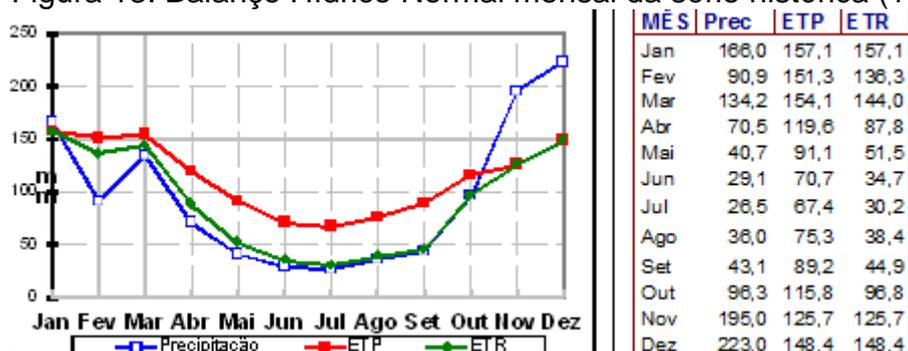
A precipitação média acumulada anual foi de  $1151,2 \text{ mm.ano}^{-1}$  e evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real foi de (ETR) foram respectivamente de  $1365,7$  e  $1095,8 \text{ mm.ano}^{-1}$ . Apenas nos meses de outubro a dezembro a precipitação foi superior a evapotranspiração potencial e real. A evapotranspiração potencial foi superior a precipitação e a evapotranspiração real nos meses de janeiro a setembro. Nesta série observa-se um déficit hídrico de  $269,8 \text{ mm.ano}^{-1}$  o que corresponde a um percentual de 23,4 % da precipitação média anual acumulada. Considerando esse déficit hídrico de  $269,8 \text{ mm.ano}^{-1}$  e uma área de  $60,0 \text{ km}^2$ , obtém-se um volume aproximado de  $1,60 \times 10^7 \text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$  (Figuras 12 e 13).

Figura 12: Extrato do Balanço hídrico referente a média da série histórica de 1980 a 2015 para a bacia do Tancredo



Fonte: adaptado de Glauco de Souza Rolim e Paulo César Sentelhas/ Departamento de Física e Meteorologia ESALQ/USP

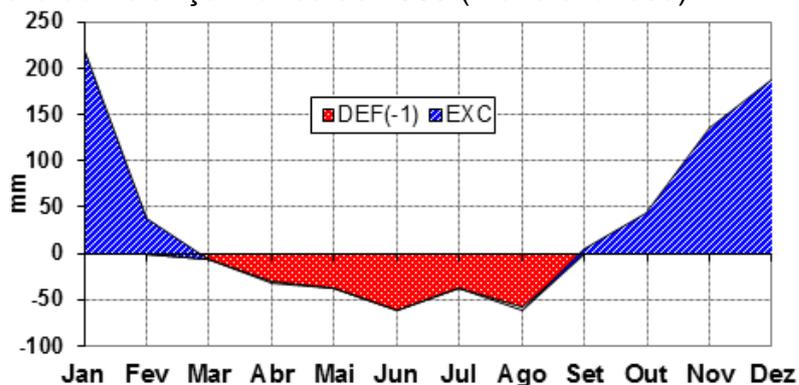
Figura 13: Balanço Hídrico Normal mensal da série histórica (1980 a 2015)



Fonte: adaptado de Glauco de Souza Rolim e Paulo César Sentelhas/ Departamento de Física e Meteorologia ESALQ/USP

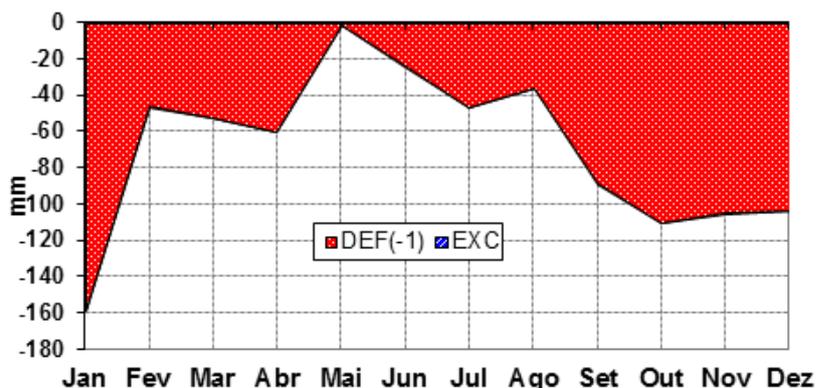
Os resultados do balanço hídrico anuais podem ser observados nos apêndices, sendo que nas figuras 14 e 15 são exibidos os extratos do balanço hídrico dos anos de 1983 (muito chuvoso) e 2015 (muito seco) respectivamente. Em relação ao balanço hídrico observa-se um superávit hídrico de 231,1 mm em 1983 e déficit hídrico de 834,7 mm em 2015.

Figura 14: Extrato do Balanço hídrico de 1983 (muito chuvoso)



Fonte: adaptado de Glauco de Souza Rolim e Paulo César Sentelhas/ Departamento de Física e Meteorologia ESALQ/USP

Figura 15: Extrato do Balanço hídrico de 2015 (muito seco)



Fonte: adaptado de Glauco de Souza Rolim e Paulo César Sentelhas/ Departamento de Física e Meteorologia ESALQ/USP

Podemos observar, que na série estuda 9 anos (1986, 1990, 1993, 1998, 2002, 2003, 2007, 2014 e 2015) apresentaram seus balanços sem excedentes hídricos, sendo que o balanço hídrico climatológico é uma ferramenta de monitoramento de entrada e saída de água do solo, onde uma vez conhecido é um indicador da disponibilidade hídrica da região (PEREIRA et al.,2002).

Todos os anos da série possuíram déficits hídricos nos períodos correspondentes as estações de inverno e primavera, sendo necessário a captação de água para irrigação. Os excedentes hídricos acontecem sempre nos meses de janeiro e dezembro. Em relação a reposição, observou-se que de maneira geral o mês de novembro foi o mês de reposição mais efetiva e o mês seguinte é aquele que ocorre o excedente hídrico. Considerando a má distribuição das chuvas na região, ou seja, o regime hídrico da região fica caracterizado por um inverno seco verão chuvoso.

### 5.3 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE DISTRIBUIÇÃO DA IRRIGAÇÃO

Distribuição dos imóveis visitados com seus respectivos sistemas de irrigação e sua uniformidade de Christiansen. Conforme tabela 5.

Tabela 5: Resultados das avaliações (CUC) dos sistemas de irrigação

| Amostra | Localidade       | Cultura     | Sistema de irrigação | CUC (%) | Crítérios   |
|---------|------------------|-------------|----------------------|---------|-------------|
| 1       | Alto Tancredo    | Café        | Gotejo               | 83,4    | Bom         |
| 2       | Alto Tancredo    | Café        | Microspray           | 84      | Bom         |
| 3       | Tancredo         | Café        | Gotejo               | 86,32   | Bom         |
| 4       | Tancredo         | Banana      | Microspray           | 77      | Regular     |
| 5       | Tancredo         | Banana      | Microaspersão        | 98      | Excelente   |
| 6       | Tancredo         | Goiaba      | Microaspersão        | 85      | Bom         |
| 7       | Tancredo         | Pastagem    | Aspersão             | 74      | Regular     |
| 8       | Alto Tancredinho | Café        | Gotejo               | 88,7    | Bom         |
| 9       | Alto Tancredinho | Café        | Microspray           | 23      | Inaceitável |
| 10      | Alto Tancredinho | Goiaba      | Microaspersão        | 96,9    | Excelente   |
| 11      | Tancredinho      | Café        | Microspray           | 51      | Inaceitável |
| 12      | Tancredinho      | Café        | Gotejo               | 94,8    | Excelente   |
| 13      | Tancredinho      | Café        | Microspray           | 65      | Ruim        |
| 14      | Tancredinho      | Banana      | Microspray           | 32      | Inaceitável |
| 15      | Baixo St. Júlia  | Café        | Microspray           | 60,6    | Ruim        |
|         |                  | Média Geral |                      | 73,31   |             |

Fonte: próprio autor

Os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen variam de 23 % a 98 %. As amostras 09; 14; 11 e 13 apresentaram os piores CUC sendo de 23 %, 32 %, 51 % e 65 % respectivamente. Nos quatro casos encontramos entupimentos de emissores, sendo que o filtro encontrado era de tela. Esses sistemas de irrigação estavam também algum tempo sem uso devido à falta de água para irrigação. Das amostras acima, apenas as de número 05, 07 e 12 possuíam projetos de instalação, sendo que o manejo da irrigação é aplicado de maneira aleatória sem nenhum componente técnico em todas as amostras. Alguns aspectos para um bom funcionamento do projeto têm que ser considerado para bons resultados na uniformidade e eficiência e não apenas a escolha do sistema de irrigação como a qualidade da água, potência da moto bomba; dimensionamento da perda de carga; filtros e pressão disponível.

Na Tabela 6, Os Coeficientes de Uniformidade de Distribuição variam de 0 % a 97,4 %. As amostras 09 e 14 apresentaram um CUD de 0 %, pelo fato de apresentarem no momento da avaliação 10 e 9 entupimentos de emissores nas suas linhas de distribuição respectivamente. As amostras 11, 13 e 15 também apresentaram resultados de CUD considerados ruins.

Tabela 6: Resultados das avaliações (CUD) dos sistemas de irrigação

| Amostra     | Localidade       | Cultura      | Sist. de irrigação | CUD (%) | Crítérios   |
|-------------|------------------|--------------|--------------------|---------|-------------|
| 1           | Alto Tancredo    | Café conilon | Gotejo             | 78,05   | Bom         |
| 2           | Alto Tancredo    | Café Conilon | Microspray         | 82,25   | Bom         |
| 3           | Tancredo         | Café Conilon | Gotejo             | 74,6    | Bom         |
| 4           | Tancredo         | Banana       | Microspray         | 58,8    | Ruim        |
| 5           | Tancredo         | Banana       | Microaspersão      | 97,4    | Excelente   |
| 6           | Tancredo         | Goiaba       | Microaspersão      | 71,87   | Bom         |
| 7           | Tancredo         | Pastagem     | Aspersão           | 59,5    | Ruim        |
| 8           | Alto Tancredinho | Café Conilon | Gotejo             | 80,4    | Bom         |
| 9           | Alto Tancredinho | Café conilon | Microspray         | 0       | Inaceitável |
| 10          | Alto Tancredinho | Goiaba       | Microaspersão      | 94,9    | Excelente   |
| 11          | Tancredinho      | Café conilon | Microspray         | 18,5    | Inaceitável |
| 12          | Tancredinho      | Café conilon | Gotejo             | 76,9    | Bom         |
| 13          | Tancredinho      | Café conilon | Microspray         | 18,2    | Inaceitável |
| 14          | Tancredinho      | Banana       | Microspray         | 0       | Inaceitável |
| 15          | Baixo St. Júlia  | Café conilon | Microspray         | 24,8    | Inaceitável |
| Média Geral |                  |              |                    | 55,75   |             |

Fonte: próprio autor

O sistema de irrigação com maior eficiência em média foi o de Gotejamento com um CUC de 88,3 % e um CUD de 77,5 %, o pior desempenho foi o Microspray com um CUC médio de 56,0 % e o CUD médio de 28,9 %, sendo este sistema o de maior presença na bacia.

#### 5.4 ANÁLISE DO CADASTRAMENTO DOS USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS

O quantitativo de cadastro (32), encontram-se bem distribuídos na bacia proporcionando um diagnóstico da realidade da região na demanda e consequentemente na disponibilidade hídrica.

Observa-se na tabela 7, que apenas 9,4 % dos cadastros possuem vazões possíveis de serem outorgadas, uma vez a legislação Estadual Lei nº 10.179/14, o uso de recursos hídricos para fins diversos necessita de outorga, sendo que o Índice de Comprometimento (IC), para cada curso d'água está estabelecido pelos parâmetros do licenciamento, ou seja, 50,0 % da vazão sem interferência e apenas 25,0 % da metade para captação

A microrregião do Tancredo apresenta os maiores valores de vazão do Q<sub>90</sub>.

Tabela 7: Informações gerais do cadastramento de usuários na bacia

| Nº | Localidade     | Coordenadas UTM | Vazão l/s | Q <sub>90</sub> | Cultura | Sit. Irrigação | Captação | Pot. CV |
|----|----------------|-----------------|-----------|-----------------|---------|----------------|----------|---------|
| 1  | A. Tancredo    | 314517/7819344  | 4,2       | 4,94            | Banana  | Microaspersão  | Direta   | 3       |
| 2  | A. Tancredo    | 318922/7820135  | 5,5       | 2,3             | Conilon | Gotejamento    | Barragem | 15      |
| 3  | A. Tancredo    | 317018/7822973  | 2,2       | 16,08           | Banana  | Microaspersão  | Barragem | 10      |
| 4  | A. Tancredo    | 316450/7822778  | 1,38      | 14,47           | Conilon | Gotejamento    | Direta   | 2       |
| 5  | Tancredo       | 317032/7822950  | 1,66      | 16,08           | Banana  | Microaspersão  | Barragem | 3       |
| 6  | Tancredo       | 316444/7820768  | 4,2       | 2,66            | Conilon | Gotejamento    | Barragem | 10      |
| 7  | Tancredo       | 318713/7820204  | 3,8       | 1,32            | Conilon | Microspray     | Barragem | 12,5    |
| 8  | Tancredo       | 320405/7822950  | 3,3       | 9,75            | Conilon | Microspray     | Direta   | 7,5     |
| 9  | Tancredo       | 320384/7823426  | 4,2       | 0,47            | Conilon | Gotejamento    | Direta   | 10      |
| 10 | Tancredo       | 319246/7820248  | 2,5       | 6,5             | Conilon | Microspray     | Direta   | 7,5     |
| 11 | Tancredo       | 319257/7820600  | 3,3       | 6,51            | Conilon | Microspray     | Direta   | 7,5     |
| 12 | Tancredo       | 318902/7822678  | 3,3       | 2,44            | Conilon | Microspray     | Direta   | 5       |
| 13 | A. Tancredinho | 316924/7825120  | 3,3       | 10,56           | Conilon | Microspray     | Direta   | 7,5     |
| 14 | A. Tancredinho | 319761/7825643  | 4,2 e 5   | 10,56           | Conilon | Gotejamento    | Direta   | 5 e 15  |
| 15 | A. Tancredinho | 317524/7826597  | 2,7       | 2,55            | Conilon | Microspray     | Barragem | 7,5     |
| 16 | A. Tancredinho | 320478/7826481  | 4,2       | 4,05            | Goiaba  | Microaspersão  | Direta   | 5       |
| 17 | A. Tancredinho | 316541/7825100  | 3         | 0,82            | Conilon | Microspray     | Barragem | 5       |
| 18 | A. Tancredinho | 317992/7825247  | 2,8       | 0,53            | Banana  | Microspray     | Direta   | 3       |
| 19 | A. Tancredinho | 318067/7825421  | 11,11     | 10,56           | Conilon | Microspray     | Barragem | 10 e 3  |
| 20 | A. Tancredinho | 317824/7826538  | 5         | 2,55            | Conilon | Gotejamento    | Direta   | 15      |
| 21 | A. Tancredinho | 318136/7825216  | 2,8       | 0,87            | Banana  | Microspray     | Direta   | 3       |
| 22 | A. Tancredinho | 320298/7825739  | 16,6      | 10,56           | Conilon | Microspray     | Barragem | 15      |
| 23 | A. Tancredinho | 316541/7825100  | 3,3       | 0,82            | Conilon | Microspray     | Barragem | 5       |
| 24 | Tancredinho    | 317318/7825701  | 4         | 1,02            | Conilon | Microspray     | Direta   | 7,5     |

|    |                 |                |     |      |         |             |          |      |
|----|-----------------|----------------|-----|------|---------|-------------|----------|------|
| 25 | Tancredinho     | 317362/7826008 | 4,5 | 2,55 | Conilon | Microspray  | Direta   | 10   |
| 26 | Tancredinho     | 317524/7826597 | 2,7 | 0,87 | Conilon | Microspray  | Barragem | 7,5  |
| 27 | Tancredinho     | 318154/7826481 | 6   | 2,55 | Conilon | Microspray  | Direta   | 15   |
| 28 | Tancredinho     | 320068/7827699 | 5   | 2,74 | Conilon | Gotejamento | Barragem | 12,5 |
| 29 | Tancredinho     | 318237/7825094 | 5   | 0,87 | Conilon | Microspray  | Barragem | 10   |
| 30 | Baixo St. Júlia | 319885/7824691 | 4,4 | 0,93 | Conilon | Microspray  | Direta   | 12,5 |
| 31 | Baixo St Júlia  | 319733/7825060 | 2,7 | 0,93 | Conilon | Microspray  | Direta   | 10   |
| 32 | Baixo St. Júlia | 321058/7825776 | 3   | 0,82 | Conilon | Microspray  | Direta   | 12,5 |

Fonte: AGERH/FAPES, (2017)

A captação direta nos corpos d'água predomina neste levantamento (60%). A vazão de referência no exutório é de 219,0 l.s<sup>-1</sup> para uma demanda de 32 usuários perfazendo um volume demandado de 139,3 l.s<sup>-1</sup> na sua foz. Dos 13 (treze) usuários que captam água de represas somente seis contribuem para regularização da vazão (3; 5; 6; 15; 19 e 22) dos cursos d'água, sendo que as outras sete represas acabam contribuindo para a redução da vazão (2; 7; 17; 24; 26; 28 e 29) dos córregos.

A microrregião do Tancredinho apresenta esgotamento de vazão de seu curso d'água, em função do índice de Comprometimento (I.C.) do córrego Tancredinho estar inferior a 25% de seu volume demandado.

## 6 CONCLUSÃO

A região está caracterizada com um período de déficit hídrico de fevereiro a outubro com um valor de 269,8 mm e um período de excedente hídrico de novembro a janeiro com um valor de 55, 4 mm.

O balanço Hídrico Climatológico, na bacia do Tancredo, apresentou oito meses de deficiência hídrica no solo um déficit hídrico de 269,8 mm, o que corresponde um déficit de  $1,60 \times 10^7$  m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>, considerando uma área de drenagem de 60 km<sup>2</sup>. Evidenciando a necessidade de suplementação hídrica por meio de irrigação do solo, uma vez que o déficit hídrico é crítico para a maioria das culturas agrícolas principalmente as culturas perenes.

Há tendência de diminuição dos totais pluviométricos na microbacia do Tancredo, o que poderá resultar em impactos negativos nas atividades econômicas, sociais e ambientais.

As culturas predominantes na região (Café Conilon, Banana e Goiaba) são totalmente dependentes da irrigação, ou seja, com déficits maiores que 200 mm/ano, onde a precipitação na região é concentrada em nos meses de novembro a janeiro.

A variabilidade nos índices pluviométricos resulta na metade dos anos avaliados com valores abaixo da média e metade com índices acima da média.

Durante o período avaliado conclui-se, que a tendência de redução dos volumes de chuva na bacia poderá resultar em impactos preocupantes para os setores agropecuário, ambiental e social na região;

Não encontramos nenhuma propriedade amostrada realizando o manejo da irrigação com indicadores técnicos. A condução da irrigação é conduzida de uma forma muito fixa nos seus turnos de rega, apenas três imóveis rurais possuíam projetos de instalação do sistema de irrigação.

O sistema de irrigação (microspray), predominante na avaliação (46,6 %) é o menos eficiente.

As vazões requeridas pelos usuários resultaram num percentual de 90,6 % acima da vazão de captação permitida pela legislação.

As represas existentes que contribuem para a regularização da vazão estão contribuindo para um saldo positivo no exutório da bacia.

## **7 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES**

Instalação de uma estação meteorológica automática no município para auxiliar no Balanço Hídrico e no manejo da irrigação.

Continuidade dos estudos do comportamento pluviométrico da bacia.

Revisão dos valores do Q<sub>90</sub> com a instalação de estações fluviométricas nos exutório de cada microrregião e na foz da bacia.

Necessidade urgente de revisão dos sistemas de irrigação localizados com eficiência abaixo de 80 %.

Um estudo de localização estratégico de construção de barramentos (maiores);

Adoção de medidas pelo órgão responsável pelo licenciamento dos barramentos (IDAF) da necessidade de todas as barragens realizem a regularização de vazão dos seus respectivos cursos d'água.

A demanda e oferta hídrica na bacia é heterogênea, com isso a adoção de regras diferenciadas na captação de água nos períodos de escassez hídrica pelo órgão gestor dos recursos hídricos (AGERH) contribui para a redução de conflitos na Bacia do Tancredo.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA-AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Atlas da Irrigação. **Uso da água na Agricultura Irrigada**. Brasília: ANA, 2014, 432 p. Disponível em:

<[http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2013\\_rel.pdf](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2013_rel.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2018.

ANA-AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos Recursos**

**Hídricos no Brasil**: informe 2013. Brasília: ANA, 2014, 432 p. Disponível em:[http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2013\\_rel.pdf](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2013_rel.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2018.

ANA-AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno / Agência Nacional de Águas. --Brasília: ANA, 2017.

AGERH- Agência Estadual de Recursos Hídricos. CD-ROM.

BRASIL. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Plano Nacional de Recursos Hídricos. **Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil, v. 1. Brasília, 2006a. 281 p.**

CAMARGO A. P.; Balanço hídrico do Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto Agrônomo de Campinas**, 116:1-2, 1971.

CARVALHO, Hudson de Paula. Irrigação, **Balanço Hídrico Climatológico e Uso Eficiente da Água na Cultura do Café**/Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.173p.

CHRISTOFIDIS, D. **A água e a crise alimentar**. [www.iica.org.br/Aguatrab/Demetrios%20Christofidis/P2TB01.htm](http://www.iica.org.br/Aguatrab/Demetrios%20Christofidis/P2TB01.htm). 1997. 14p. Acesso em 03 MAR.2018.

CHRISTOFIDIS, D. **Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. Item, Brasília, n. 49, p. 8-13, 2001.**

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J.T.L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.

DOURADO NETO, D.; SAAD, A.M.; LIER, Q.J. **Curso de agricultura irrigada.** Piracicaba: ESALQ, 1991. 190 p.

ESPÍRITO SANTO (Estado), **Lei Nº 10.179/04. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos.** Institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo- SIGERH/ES e dá outras providências. Disponível em:<[https //: www.agerh.es.gov.br](https://www.agerh.es.gov.br). Acesso em 25 MAR. 2018.

ESPÍRITO SANTO (Estado), Secretaria Estadual de Meio Ambiente- SEAMA. Instituto de Meio Ambiente- IEMA. **Projeto de Gerenciamento da Poluição Costeira e de Águas do estado do Espírito Santo.** “Projeto Águas Limpas- Projeto BIRD 7248-BR/2009. Elaboração do cadastro de outorga de usuários de água e aperfeiçoamento da sistemática de outorga de uso de recursos hídricos do domínio do estado do Espírito Santo.

ESPÍRITO SANTO (Estado), Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Atlas da Mata Atlântica do estado do Espírito Santo:2007-2008/2012-2015.**

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation.** Caldwell: Blackburn Press, 1990. 652 p.

**IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. Censo Agropecuário 2006:**

Disponível em:

<[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Fasciculo/2016/lspa\\_201612\\_20170222\\_133000.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/2016/lspa_201612_20170222_133000.pdf)> Acesso em 02 NOV.2017.

IDAF. Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Espírito Santo

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural. **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural do município de São Roque do Canãa/ES**. Disponível em < [https:// incaper.es.gov.br/proater](https://incaper.es.gov.br/proater) > Acesso em: 15 MAR.2018.

LCE 306- Meteorologia Aplicada. Prof. Paulo César Sentelhas/Luiz Roberto Angelocci, ESAQ/USP,2002.

LIMA, W.P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**, Piracicaba,2008. 253 p. ISBN Copyright © 1996 by Walter de Paula Lima

LÓPEZ, R. J., ABREU J. M. H., REGALADO, A. P., HERNÁNDEZ, J. F. G. **Riego localizado**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 405p.

MAIA NETO, R.F. Água para o Desenvolvimento Sustentável. **A Água em Revista**, Belo Horizonte, n.9, p.21-32, 1997

MANTOVANI, E, C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355 p.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. 5.ed. Rio de Janeiro: MAPA, 2005. 438 p.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.

PARH- Plano de ações de recursos hídricos da unidade de análise Santa Maria do Doce- PIRH Doce-2010.CD-ROW, Item 2.5.2 Usos das Águas pag.37

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. **Agrometeorologia**: Fundamentos e Aplicações Práticas. v.1. Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuária Ltda., 2002

PROJETO Água. Ecossistemas aquáticos. [www2.rantac.com.br/cardeal/Projeto agua. htm](http://www2.rantac.com.br/cardeal/Projeto_agua.htm). 1998.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise**

**geográfica.** Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995. 254p.

SECRETARIA DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO - SEAG. **Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura 2007-2025.** Vitória, 2008. 284 p.

SHIKLOMANOV, I. A. **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world:** assessment of water resources and water availability in the world. Geneva: WMO, 1997. 85 p.

SILVA, J. G. da. **Avanços e desafios na irrigação e fertirrigação.** Revista ITEM, Brasília, n. 78, 2008, p. 28. ONU - Organização das Nações Unidas.

SILVA, F. D. dos S.; FERREIRA, D. B.; SARMANHO, G. F.; SANTOS, L. S. F. C. dos; FORTES, L. T. G.; PARENTE, E. G. P. **Tendência de alterações climáticas da precipitação observadas no Brasil de 1961 a 2008 utilizando dados gradeados.** In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais...** Belém, 2010.

SOUZA, L. O. C. **Análise técnica de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura irrigada.** 2000. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

THORNTHWAITE, C. W.; An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review.** Centeron, v. 38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Climatology 8:** Johns Hopkins University, Lab. of Climatology, 1955. 104p.

Xavier, A.C., Scanlon, B.R. e King, C.W. (2016). Conjunto de dados de variáveis meteorológicas diárias no Brasil (1980-2013). **CLIMA Policy Brief#2,** Centro Clima/COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 4 p.

## 9 APÊNDICES

### APÊNDICE 1

1-Questionário aplicado nas propriedades com sistemas de irrigação avaliados:

## QUESTIONÁRIO IDENTIFICAÇÃO

|                      |  |
|----------------------|--|
| Nome:                |  |
| Nome da Propriedade: |  |
| Comunidade:          |  |
| Coordenada UTM       |  |

### Culturas irrigadas

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| Cultura                     |             |
| Número de covas             | Espaçamento |
| Área (há)                   |             |
| Sistema de Irrigação:       |             |
| Turno de rega:              |             |
| Projeto de dimensionamento: |             |
| Horário da Irrigação:       |             |
| Funcionamento da Irrigação: |             |

### CAPTAÇÃO RECURSOS HÍDRICOS:

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Curso D'água superficial: |  |
| Subterrânea:              |  |
| Represa:                  |  |
| Poço escavado             |  |
|                           |  |

## APÊNDICE 2

Fotos dos sistemas de irrigação sendo avaliados:

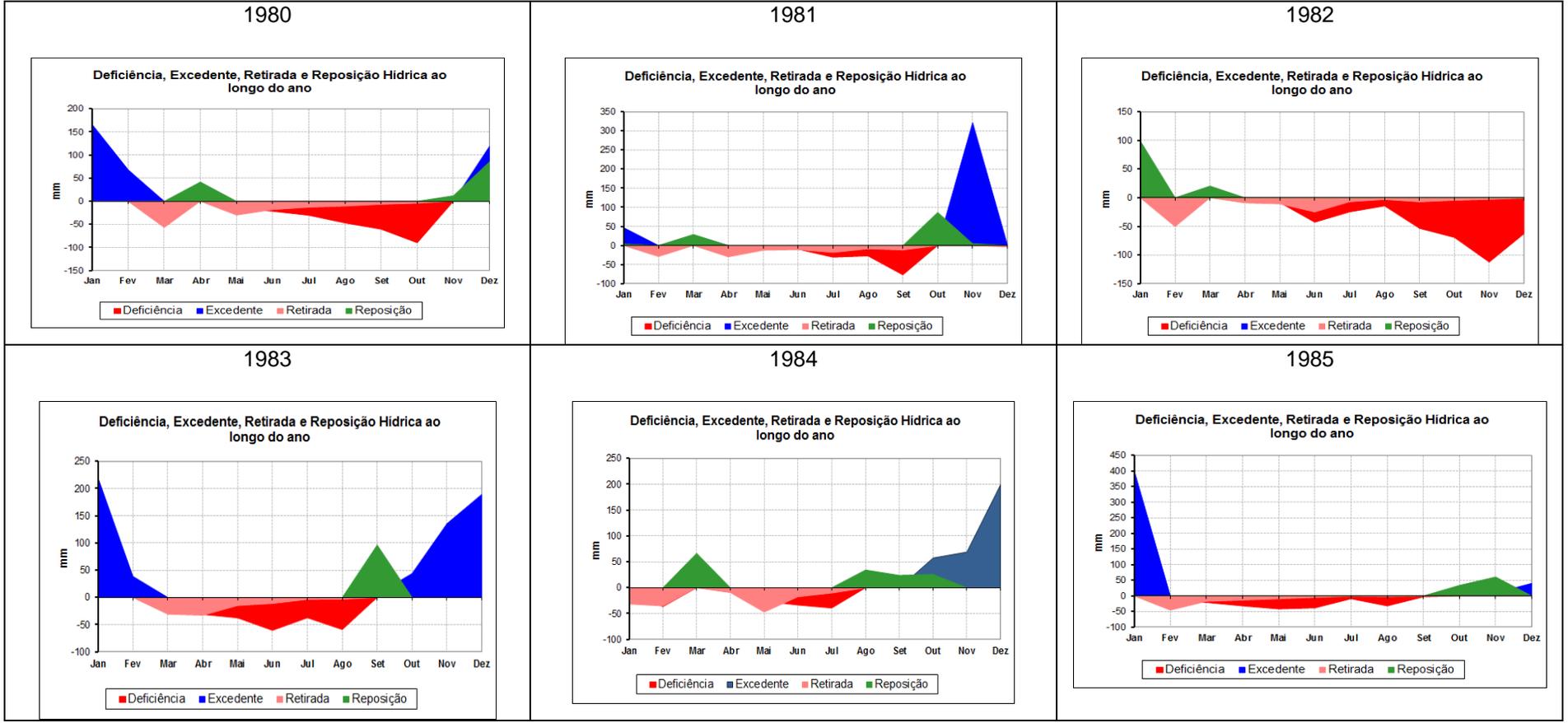
Avaliação do sistema de Aspersão (pastagem/piquetes):



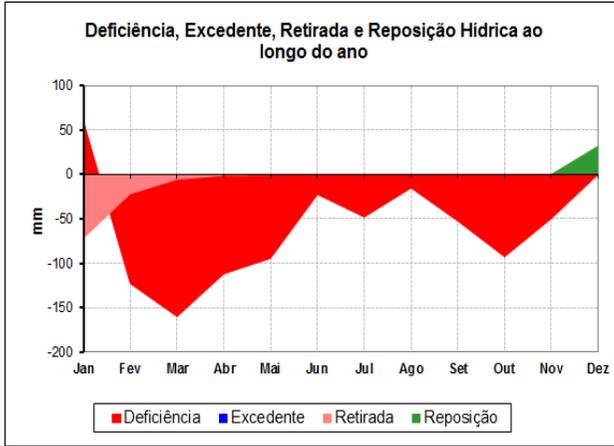
Coleta da água no sistema de Gotejamento (café conilon)



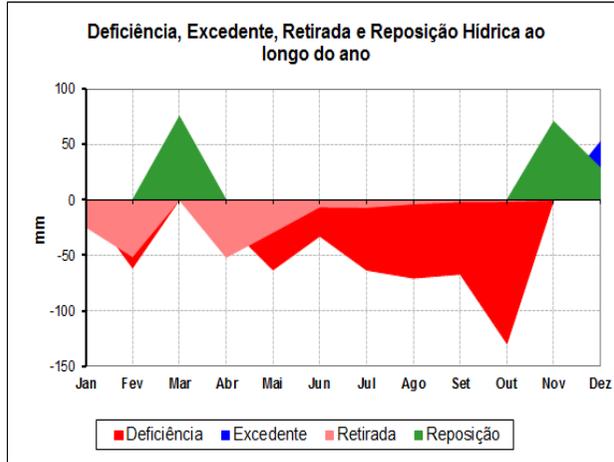
EXTRATOS BALANÇOS HÍDRICOS ANUAIS



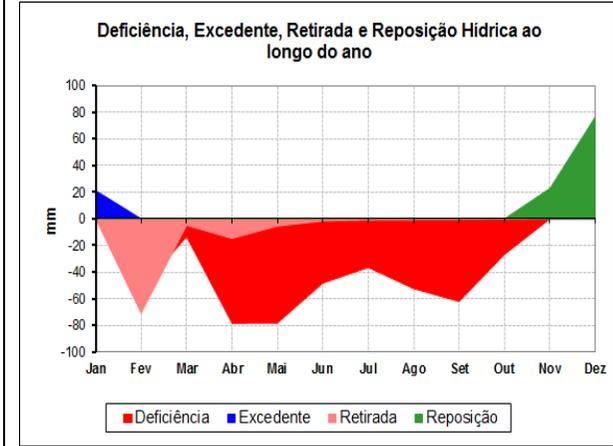
1986



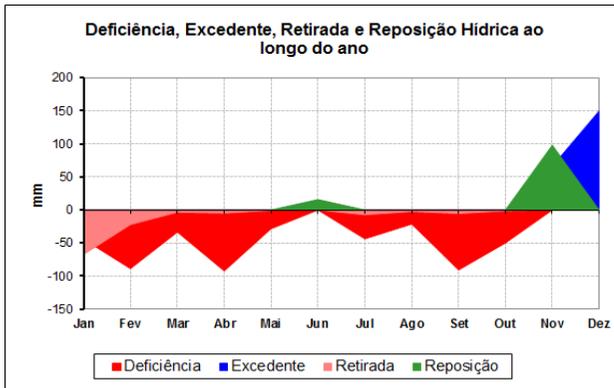
1987



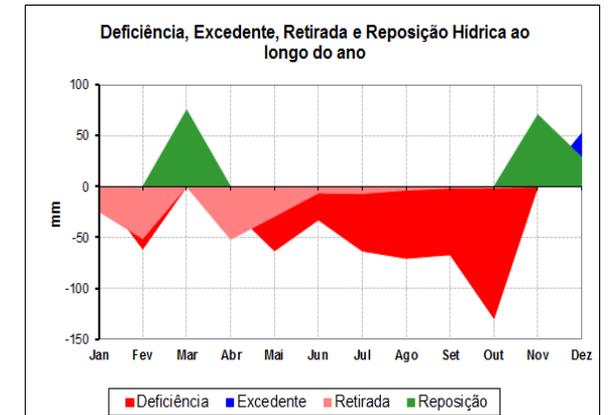
1988



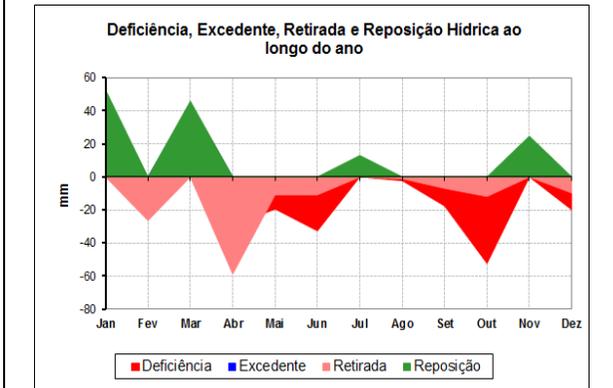
1989



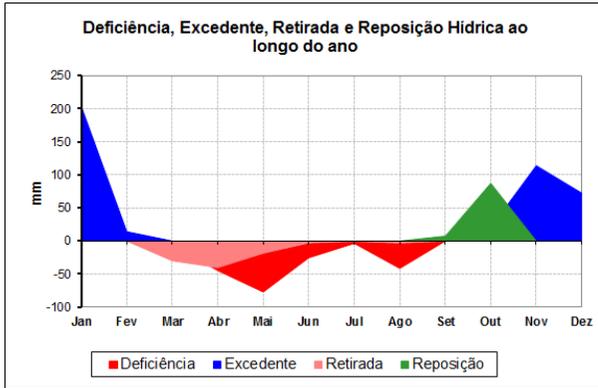
1990



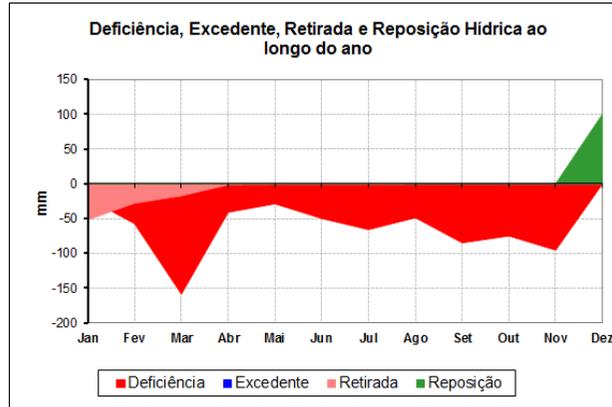
1991



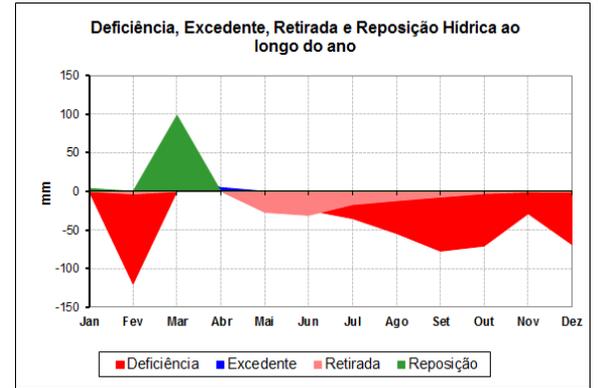
1992



1993



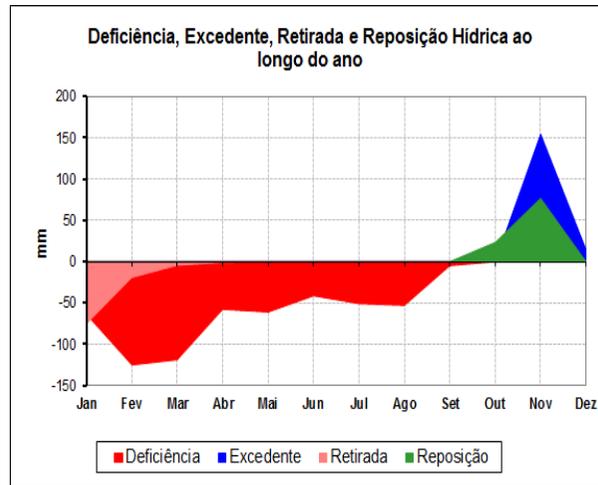
1994



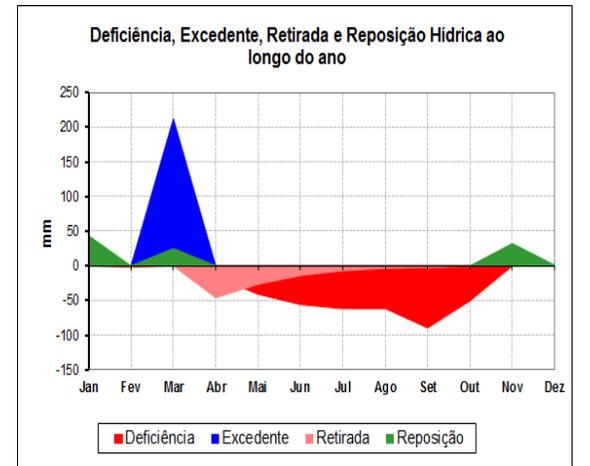
1995



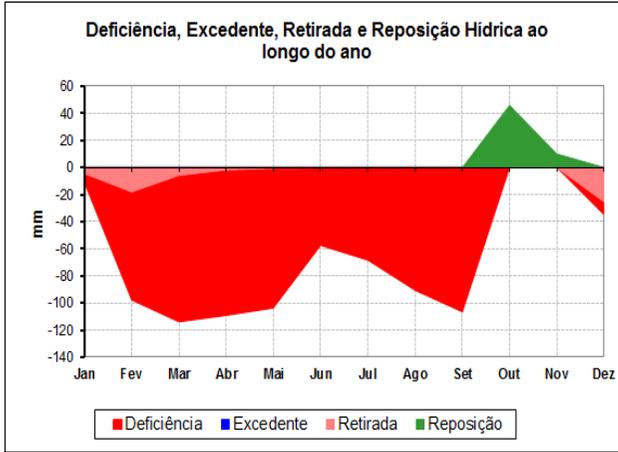
1996



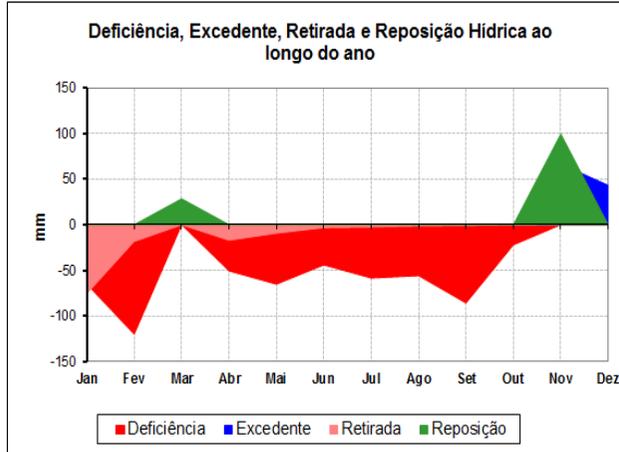
1997



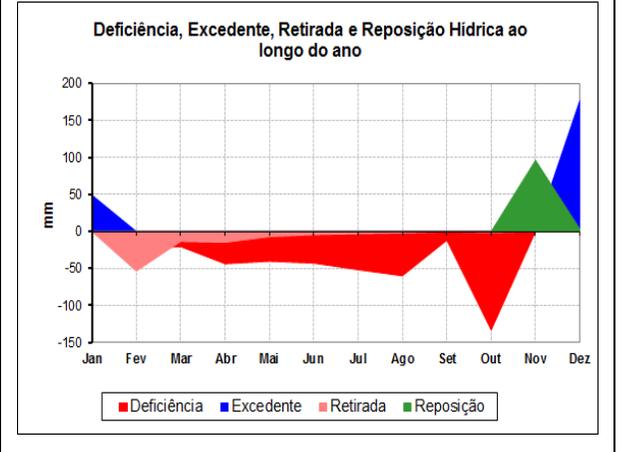
1998



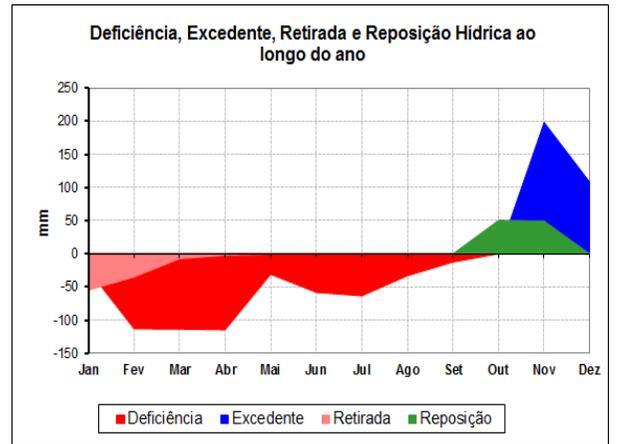
1999



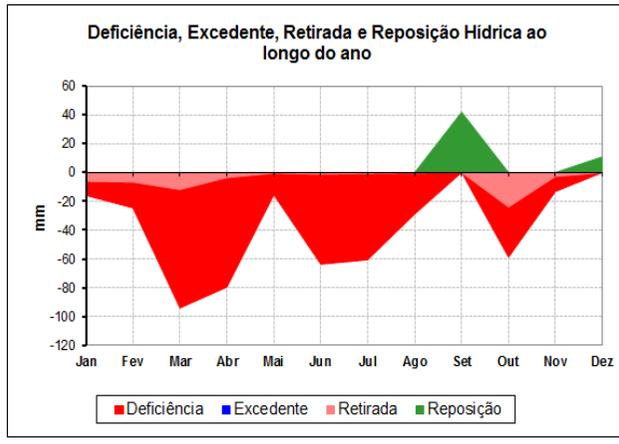
2000



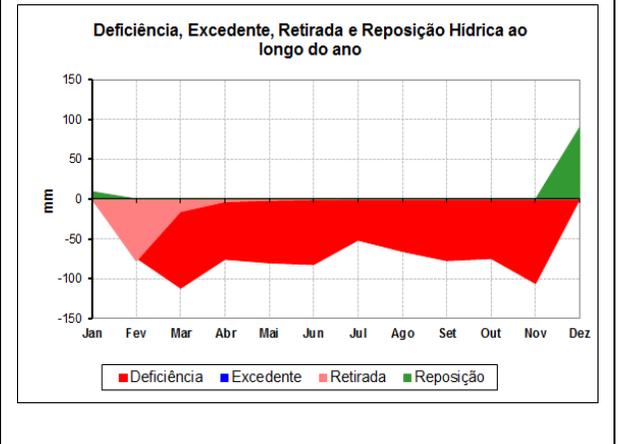
2001



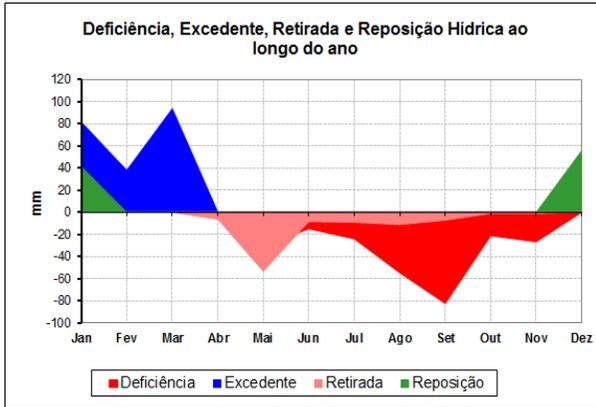
2002



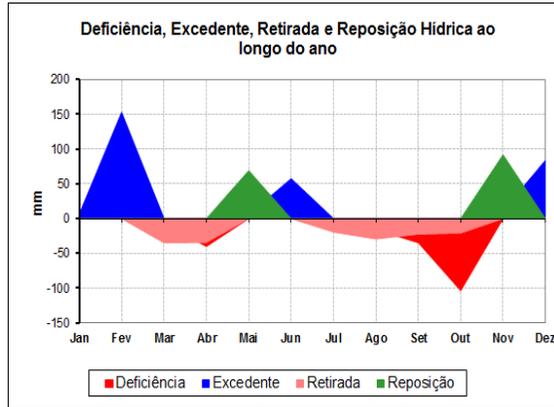
2003



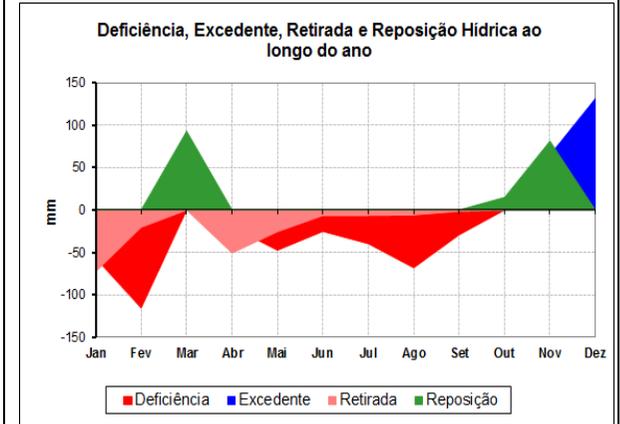
2004



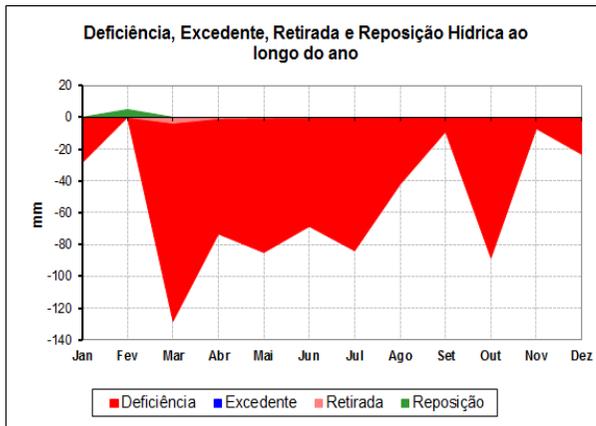
2005



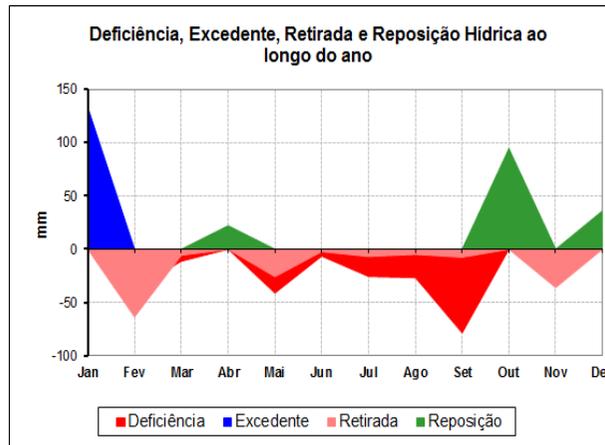
2006



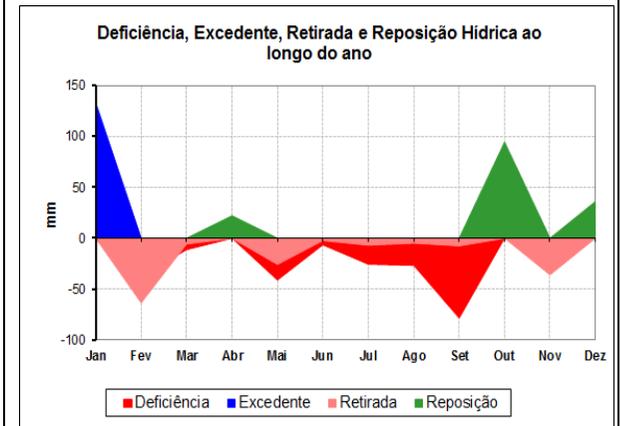
2007



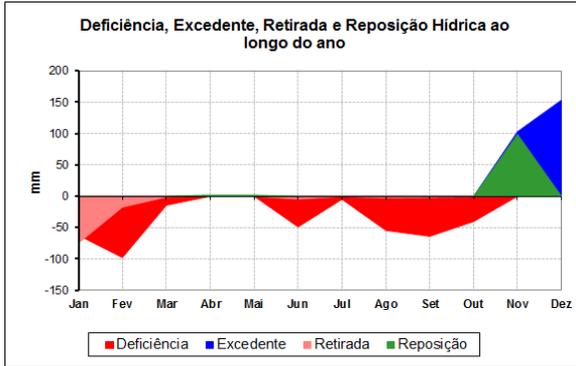
2008



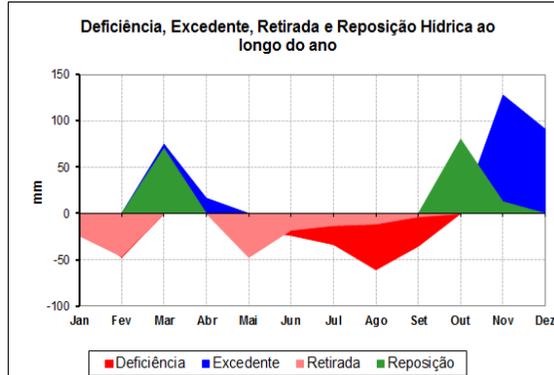
2009



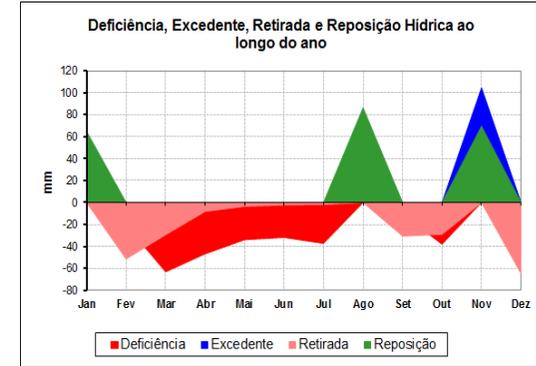
2010



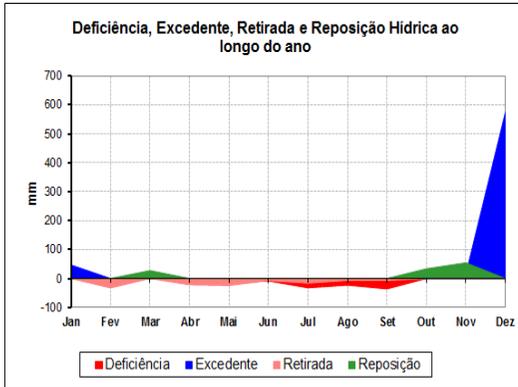
2011



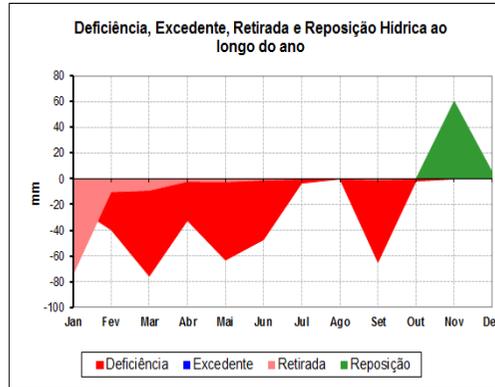
2012



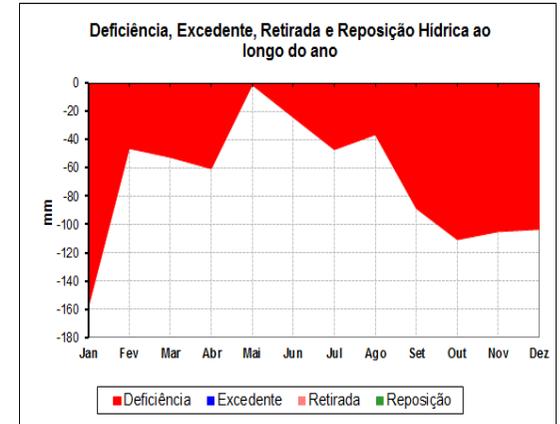
2013



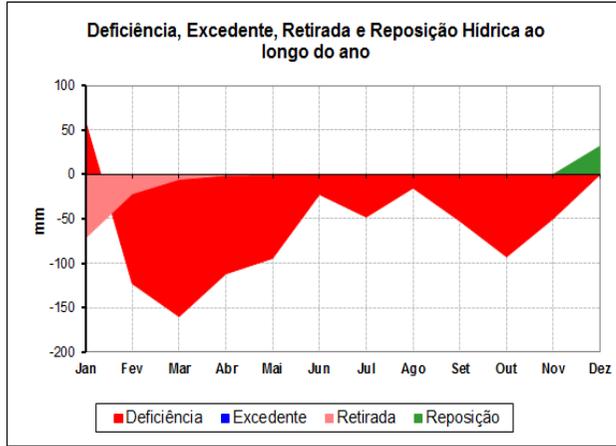
2014



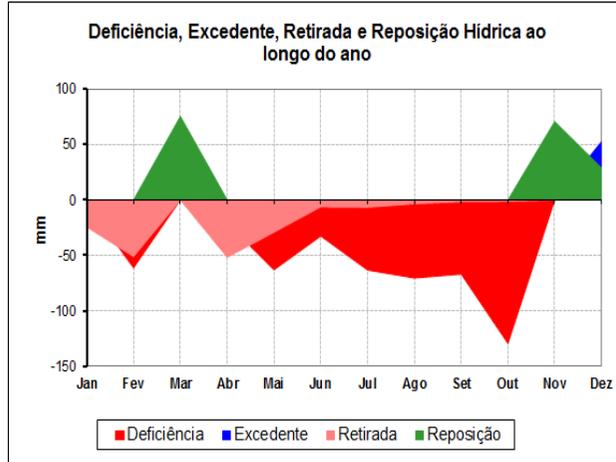
2015



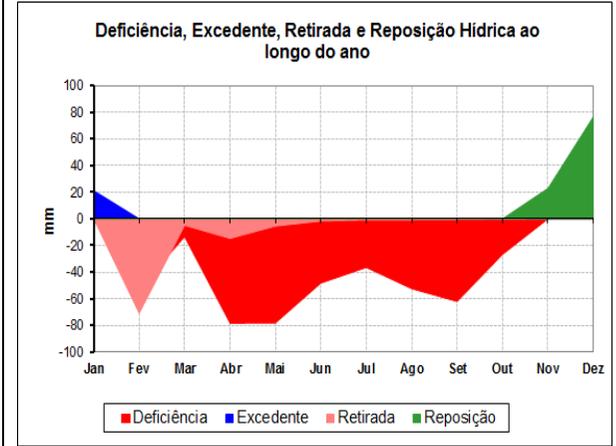
1986



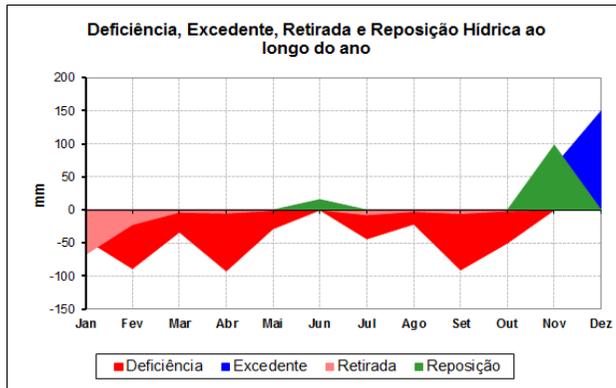
1987



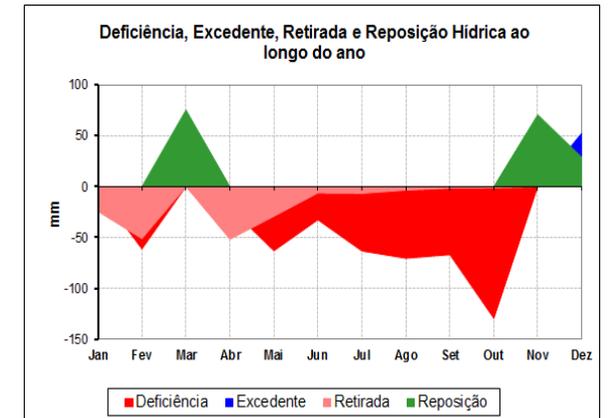
1988



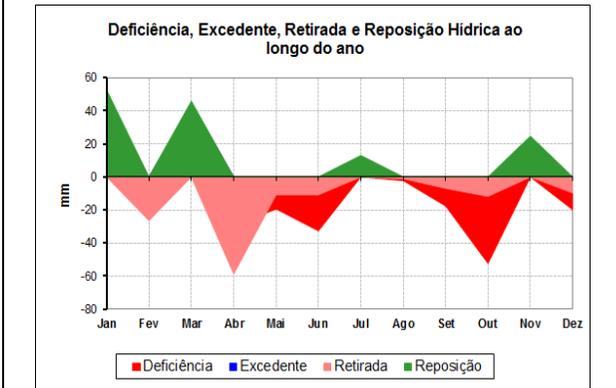
1989



1990



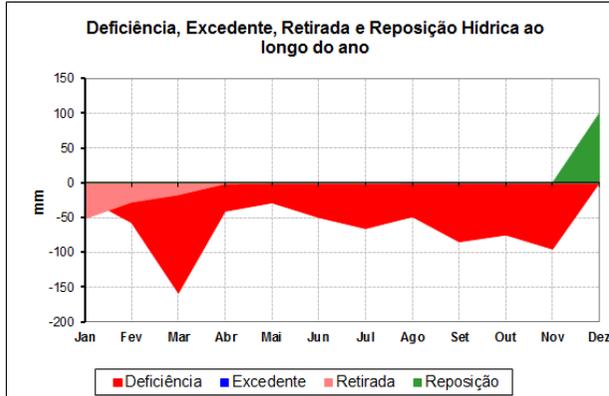
1991



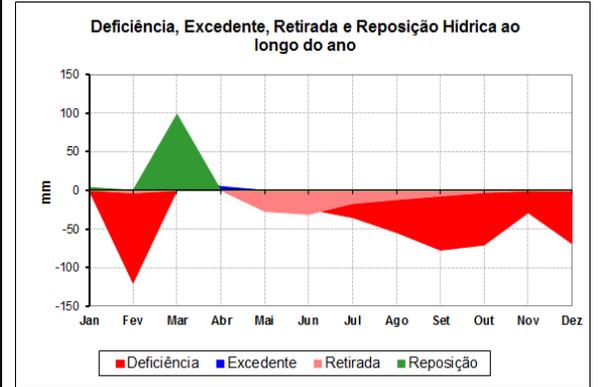
1992



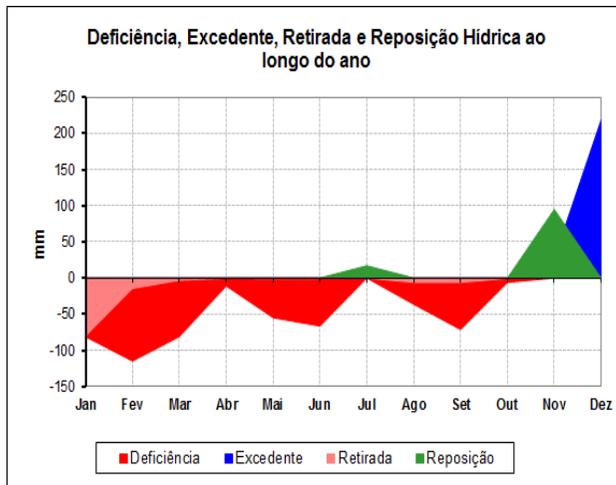
1993



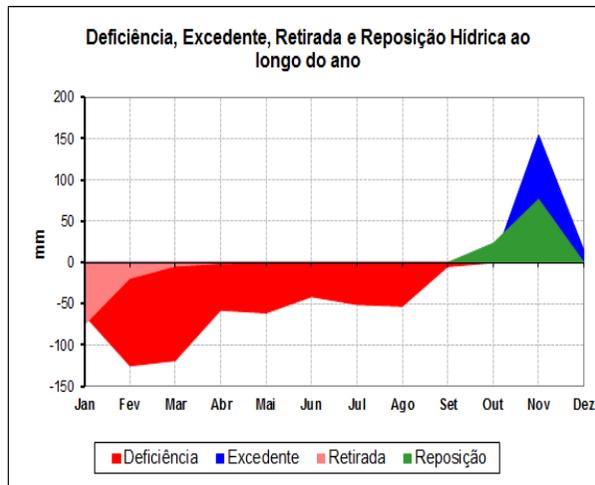
1994



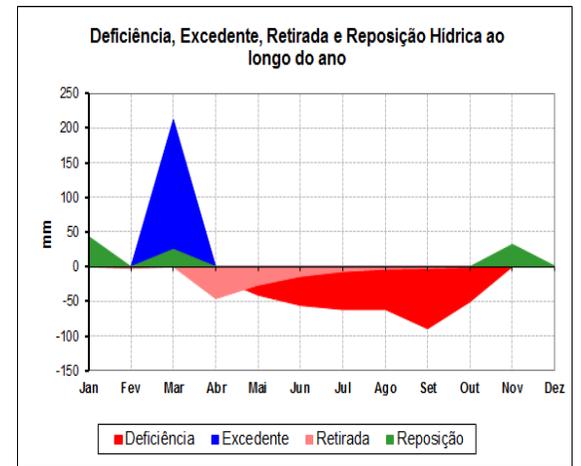
1995

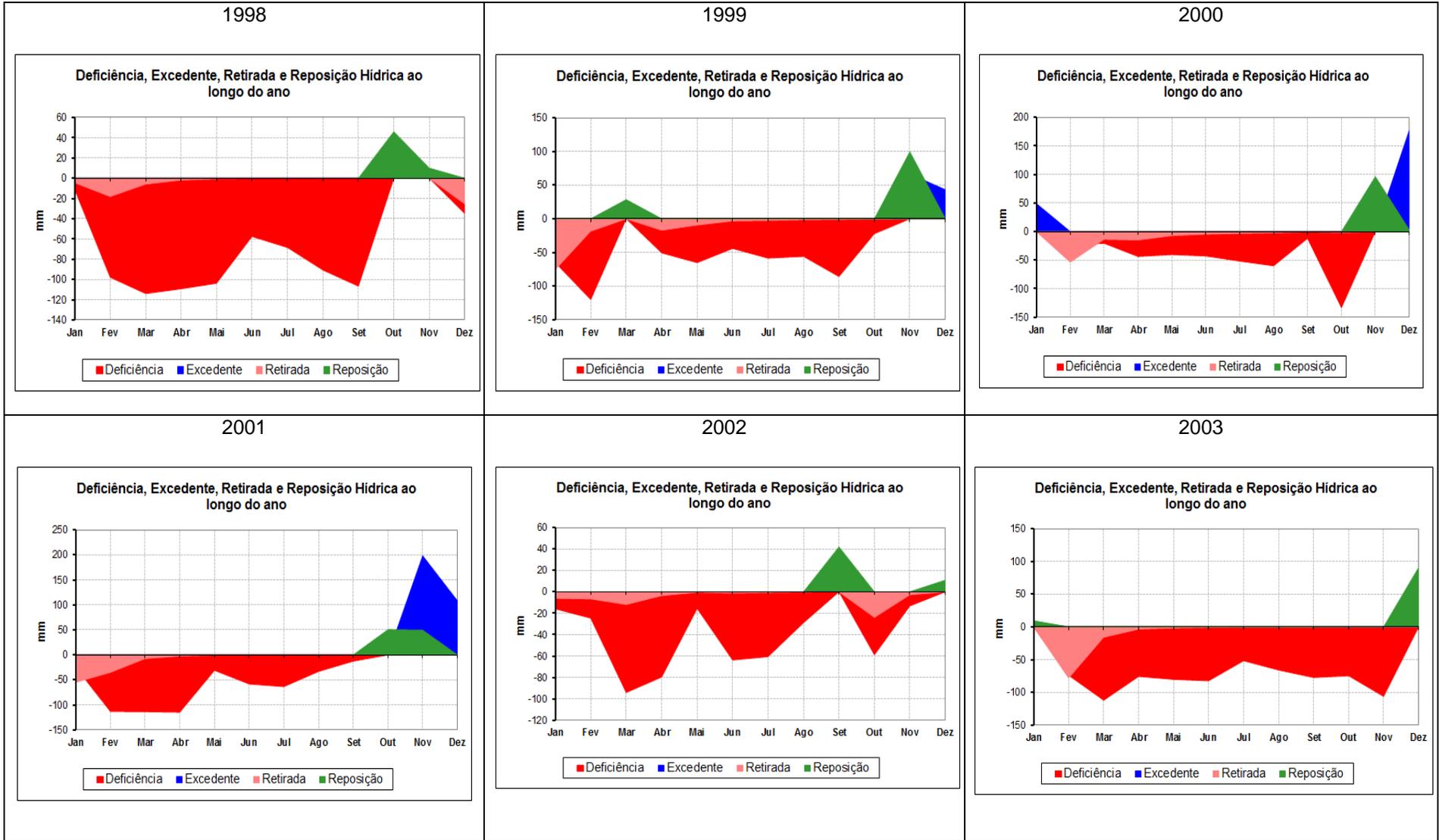


1996

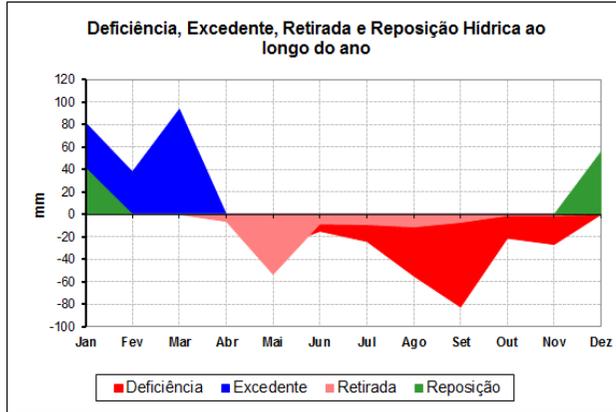


1997

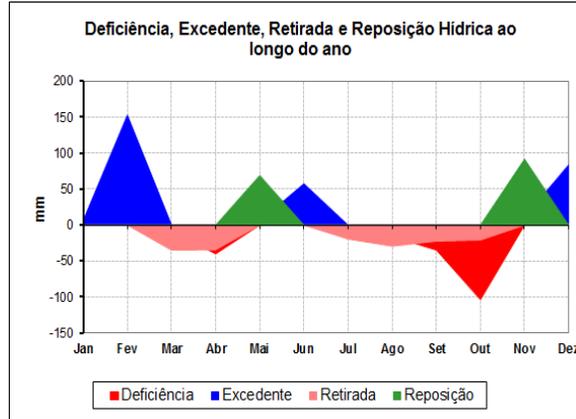




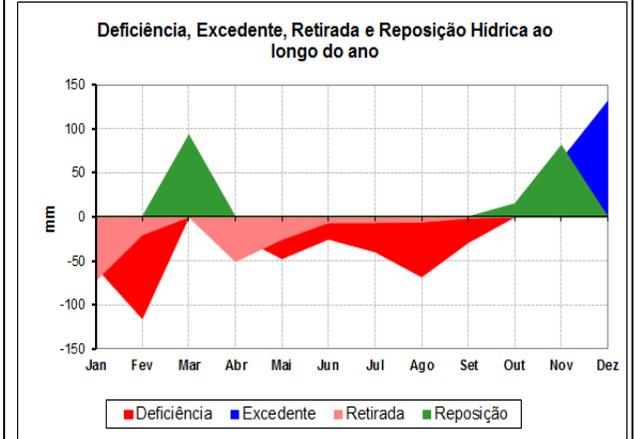
2004



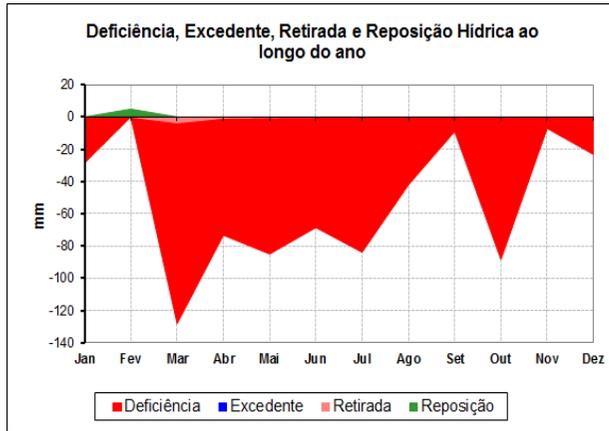
2005



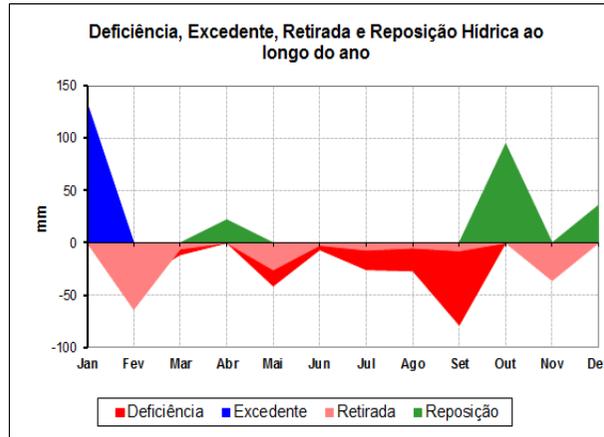
2006



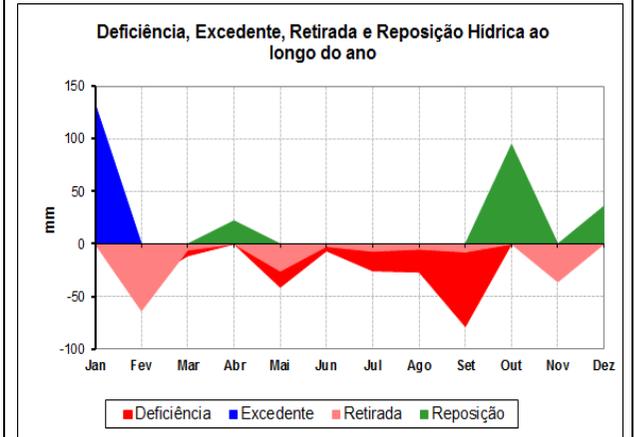
2007



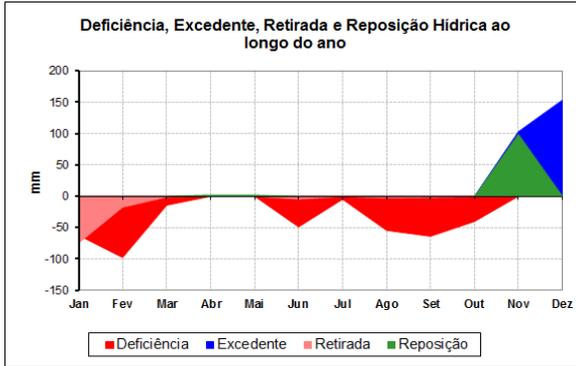
2008



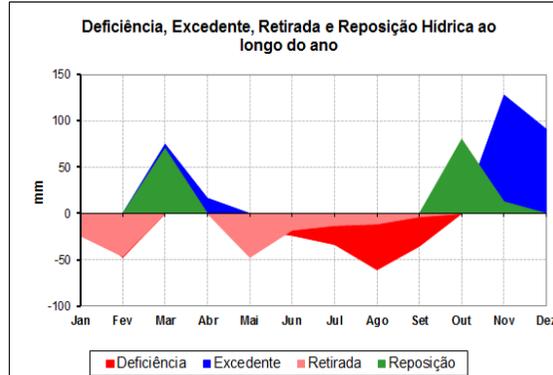
2009



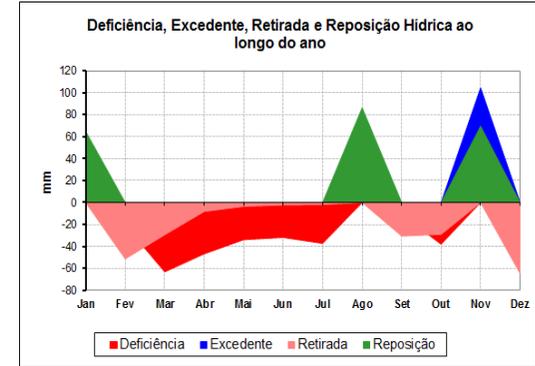
2010



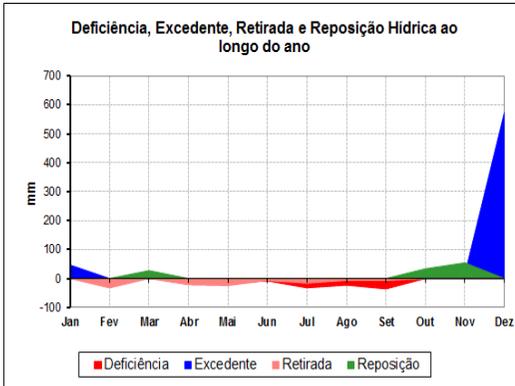
2011



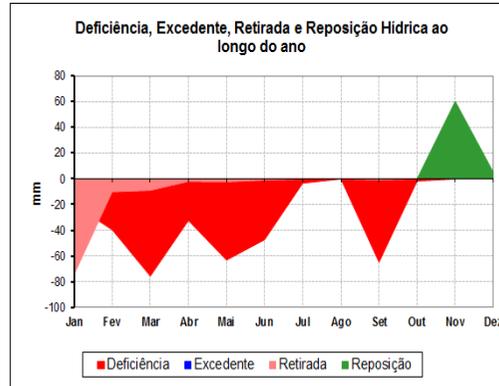
2012



2013



2014



2015

