

CENTRO UNIVERSITÁRIO TABOSA DE ALMEIDA – ASCES/UNITA

BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

JOANA SUELÂNIA DA SILVA LIMA

**CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS E ECONÔMICAS UTILIZANDO A  
TÉCNICA *SHADE BALLS* PARA A REDUÇÃO DA EVAPORAÇÃO EM  
RESERVATÓRIOS DE ÁGUA NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

CARUARU/PE

2018

JOANA SUELÂNIA DA SILVA LIMA

**CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS E ECONÔMICAS UTILIZANDO A  
TÉCNICA *SHADE BALLS* PARA A REDUÇÃO DA EVAPORAÇÃO EM  
RESERVATÓRIOS DE ÁGUA NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

O presente trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao NTCC do Centro Universitário Tabosa de Almeida – ASCES/UNITA, como requisito para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Ambiental, sob orientação do Professor MSc. Luiz José R. dos Santos.

CARUARU/PE

2018

**JOANA SUELÂNIA DA SILVA LIMA**

**CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS E ECONÔMICAS UTILIZANDO A TÉCNICA  
SHADE BALLS PARA A REDUÇÃO DA EVAPORAÇÃO EM RESERVATÓRIOS  
DE ÁGUA NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Aprovada em: 06/06/2018.

Nota: 9,8

Aprovado por:

---

Prof. DSc. Luiza Feitosa Cordeiro de Souza

(Examinador 1)

---

Prof. DSc. Cláudio Emanuel Silva Oliveira

(Examinador 2)

---

Prof. MSc. Luiz José R. dos Santos

(Orientador)

CARUARU/PE

2018

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde, coragem e discernimento, para que eu pudesse enfrentar todas as dificuldades que surgira pelo caminho. Por ter me dado forças para continuar e finalizar esse projeto. Agradeço por ter colocado as pessoas certas em meu caminho.

Sou grata a meus pais, **Suseane Rodrigues da Silva** e **João Batista Praeiro de Lima**, por me encorajarem, por acreditarem em mim, por fazerem o impossível para que meus sonhos possam se tornar realidade e por me amarem de forma incondicional.

A meus irmãos, **Ana Juliana da Silva Lima** e **José Vitor da Silva Lima**, por compartilharem comigo todos os momentos dessa trajetória,

A mais nova estrela da minha constelação, meu sobrinho **Renan da Silva Souza**, que veio para trazer luz e esperança na vida de toda família.

A toda minha família que vibraram comigo a cada conquista, avó, tias, tios, primas e primos.

Ao meu amado noivo, **Otávio Augusto Santos Silva**, por ter tido paciência comigo, por ter me apoiado, em todos os momentos dessa caminhada árdua, por ter compreendido todas as minhas necessidades.

Agradeço a meu orientador, **Luiz José dos Santos**, por ter sido amigo e companheiro durante e após a execução do projeto, pela confiança em mim depositada, pela orientação, apoio, incentivo e ensinamentos transmitidos.

Agradeço imensamente a **Luiza Feitosa Cordeiro de Souza**, por ter me ajudado e apoiado em todos os momentos de pesquisa deste trabalho, por ter sido uma amiga e melhor “co-orientadora” que alguém poderia ter. Por ser um anjo em minha vida.

Agradeço aos queridos professores, **Maria Monize de Moraes**; **Ângela Maria Coelho de Andrade**, **Deivid Sousa de Figueiroa**, **Cláudio Emanuel Silva Oliveira**,

**Mariana Ferreira Martins Cardoso**, que foram e são fundamentais para minha formação. Que além de professores muitas vezes foram amigos e conselheiros.

A todos os demais professores, aqui não citados, que contribuíram de alguma forma para minha formação.

As minhas grandes e leais amigas, **Edineide da Silva Barros** e **Janielle da Silva Matos**, por acreditarem em mim e sempre estarem ao meu lado. Por me mostrarem o significado de uma amizade verdadeira. Espero que sejamos companheiras fiéis umas das outras por muitos anos.

A minha mãe de coração, **Adeilza Lins Costa**, por me aceitar como filha, por me aconselhar e querer o melhor para mim.

Ao Engenheiro Ambiental **Gustavo Heleno da Silva**, por ter me ajudado na montagem e na manutenção do experimento, por ter me auxiliado nos testes, por ter se dedicado.

A **Wyldrien Magno de Farias**, por me auxiliado com a montagem e manutenção dos sensores, pela atenção e dedicação.

A todos os meus companheiros de sala. A todos que formam a turma 2014.1 da graduação em Engenharia Ambiental, pelos inúmeros momentos que passamos juntos, por todos os apertos que levamos. Obrigada por fazerem parte da minha história.

A instituição de ensino ASCE-UNITA, por me proporcionar uma formação digna de respeito.

A todos os funcionários da ASCES-UNITA, que sempre estiveram dispostos a me ajudar no que fosse preciso.

A todos os técnicos de laboratório, pelo auxílio no desenvolvimento deste projeto.

A todos aqueles de alguma forma contribuíram para minha formação, para todos aqueles aqui não citados que participaram da minha história.

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais, Suseane e João, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e me incentivando, sem questionar, mesmo sem entender as escolhas que fiz. Por acreditarem em mim, sonharem comigo e por me amar.*

*A diferença entre o que fazemos e o que somos capazes de fazer seria suficiente para resolver a maioria dos problemas do mundo.*

(Mahatma Gandhi)

## RESUMO

Diante de cenários ambientais drásticos, associados a mudanças climáticas extremas, a humanidade vem buscando alternativas para minimizar determinados impactos na natureza. Os recursos hídricos são sem sombra de dúvidas os mais degradados por toda humanidade, em todos os locais do mundo. A água é o recurso essencial para a manutenção da vida e sobrevivência dos seres vivos na terra, assim como é fundamental para o desenvolvimento da economia de determinada região. A ausência ou abundância de água determinam os hábitos das pessoas e as características associadas ao clima. Desta forma, o presente trabalho de conclusão de curso tem por finalidade a comprovação da viabilidade de aplicação da técnica *Shade Balls*, nos reservatórios de água do agreste pernambucano. Essa técnica faz a utilização de esferas pretas na superfície d'água de reservatórios. As esferas são constituídas de polímero de alta densidade, que contribuem para a diminuição da evaporação causada pela irradiação solar. O teste da técnica consistiu no monitoramento de dois ensaios, um com a aplicação da técnica e outro sem, com a comparação e análise dos dois ensaios. Sendo estes complementados com análises físico-químicas, que por sua vez possibilitou o monitoramento da qualidade da água e coletados dados térmicos dos ensaios. No campo foi possível medir a evaporação dos ensaios, temperatura dos ensaios e externa, umidade, luminosidade, pluviosidade e OD. Nos testes de laboratório foi possível medir: DQO, condutividade, pH, cor e sólidos totais. No que se diz respeito a temperatura dos ensaios, houve uma redução de 4°C, entre um ensaio e outro; durante a medição da evaporação, o ensaio com a shade balls conseguiu reter 87,5% da evaporação; a umidade manteve-se normal ao longo de todo experimento; a luminosidade obteve faixas de 83% e 80% de incidência luminosa, para o ensaio 1 e ensaio 2 respectivamente; a pluviosidade aconteceu em praticamente metade do experimento, nada que venha a interferir na coleta de dados; o OD teve diferença inicial, no entanto houve o mesmo crescimento. Nos testes de laboratório a DQO não obteve uma diferença significativa dos ensaios; o teste de cor foi maior no ensaio 1 devido a maior superfície de contato, maior quantidade de material; a condutividade foi levemente maior no ensaio 2; houve o aumento do pH em ambos os ensaios, sendo levemente maior no ensaio 1; com relação aos sólidos totais, sendo este subdividido em sólidos voláteis e sólidos fixos, sendo que o ensaio 1 teve predominância nos sólidos fixos, o ensaio



2 teve predominância dos sólidos voláteis, que indica maior proliferação de colônias, de microrganismos no ensaio 2. Para os testes de campo a diferença de temperatura, de luminosidade e umidade, foram dentro do esperado, a quantidade chuvas na região nessa época do ano surpreendeu a equipe. Nos testes de laboratório não houve parâmetro que ficou a desejar, houve diferença como o esperado, mas não o suficiente para causar alteração no corpo hídrico. Sendo maneira a técnica shade balls sendo eficiente para a redução de evaporação e manutenção da qualidade da água.

**Palavras-chave:** *Shade Balls*, evaporação, agreste, seca, Pernambuco

## ABSTRACT

In the face of drastic environmental scenarios, associated with extreme climatic changes, humankind has been seeking alternatives to minimize certain impacts on nature. Water resources are undoubtedly the most degraded resource for all humanity, everywhere in the world. Water is the essential resource for maintaining the life and survival of living beings on earth, just as it is fundamental for the development of the economy of a given region. The absence or abundance of water determines the habits of the people and the characteristics associated with the climate. Thus, the present work of course completion has the purpose of proving the feasibility of applying the Shade Balls technique, in the water reservoirs of the Pernambuco agreste. This technique, which makes use of black spheres on the water surface of reservoirs. The spheres are composed of high density polymer, which contribute to the reduction of evaporation caused by solar irradiation. The test of the technique consisted in the monitoring of two tests, one with the application of the technique and another without, with the comparison and analysis of the two tests. These are complemented with physical-chemical analyzes, which in turn make it possible to monitor the water quality and to collect thermal data from the tests. In the field it was possible to measure the evaporation of the tests, test and external temperature, humidity, luminosity, rainfall and OD. In laboratory tests it was possible to measure: COD, conductivity, pH, color and total solids. As regards the temperature of the tests, there was a reduction of 4 ° C between one test and another; during the evaporation measurement, the test with the shade balls was able to retain 87.5% of the evaporation; the humidity remained normal throughout the experiment; the luminance obtained bands of 83% and 80% luminous incidence, for test 1 and test 2 respectively; the rainfall occurred in almost half of the experiment, nothing that interferes in the data collection; the DO had an initial difference, however there was the same growth. In the laboratory tests COD did not obtain a significant difference of the tests; the color test was higher in test 1 due to the larger contact surface, greater amount of material; the conductivity was slightly higher in assay 2; there was an increase in pH in both assays, being slightly higher in assay 1; in relation to the total solids, this being subdivided into volatile solids and fixed solids, with test 1 having a predominance in fixed solids, test 2 had a predominance of volatile solids indicating a

higher proliferation of colonies of microorganisms in test 2. For the field tests the difference in temperature, luminosity and humidity, were within the expected, the amount rainfall in the region at this time of year surprised the team. In laboratory tests there was no parameter that was desired, there was difference as expected, but not enough to cause change in the water body. This way the shade-balls technique is efficient for the reduction of evaporation and maintenance of water quality.

**key words:** shade ball, Pernambuco and evaporation

## LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

APAC	Agencia pernambucana de água e climas
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COMPESA	Companhia de Saneamento de Pernambuco
DQO	Demanda Bioquímica de Oxignio
pH	Potencial Hidrogeniônico
NBR	Norma Brasileira
NSF	National Science Foundation
OD	Oxignio Dissolvido
ONU	União das Nações Unidas
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PEAD	Polietileno de alta densidade
PISF	Projeto de Integração do Rio São Francisco
PUC	Vinimanta de polyvinyl chloride
UNESCO	United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo hidrológico da água.....	27
Figura 2: Áreas com maior incidência de desertificação no Nordeste brasileiro.....	31
Figura 3: Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado de Pernambuco.....	32
Figura 4: Zonas climáticas.....	33
Figura 5: Análise da técnica Shade Balls.....	40
Figura 6: Despejo das bolinhas no reservatório.....	41
Figura 7: Reservatório coberto pelas bolinhas.....	42
Figura 8: Capinação e nivelamento do terreno.....	45
Figura 9: Preparo do terreno para cercar.....	45
Figura 10: Terreno nivelado.....	46
Figura 11: Cercando a área dos ensaios.....	46
Figura 12: Ensaios 1 e 2.....	47
Figura 13: Experimento pronto.....	47
Figura 14: Sensores.....	48
Figura 15: Medindo os níveis de evaporação.....	50
Figura 16: Retirada das bolinhas para a realização das medidas.....	51
Figura 17: Homogeneização dos ensaios para a retirada das amostras.....	52
Figura 18: Retirada da amostra.....	52
Figura 19: Sólidos no ensaio 1, último dia de experimento.....	60
Figura 20: Sólidos no ensaio 2, último dia de experimento .....	60

Figura 21: Sólidos presentes no ensaio 1.....	65
Figura 22: Sólidos presentes no ensaio 2.....	66
Figura 23: Sensor de luz do ensaio 1.....	69
Figura 24: Sensor de luz do ensaio 2.....	70

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Valores de pH nos ensaios ao longo do experimento.....	54
Gráfico 2: Concentração de condutividade nos ensaios ao longo do experimento.....	56
Gráfico 3: Dados pluviométricos.....	57
Gráfico 4: Concentração da série de sólidos nos ensaios ao longo do experimento.....	58
4 A: Sólidos totais.....	58
4 B: Sólidos totais fixos.....	58
4 C: Sólidos totais voláteis.....	58
Gráfico 5: Concentração de DQO nos ensaios ao longo do experimento.....	61
Gráfico 6: Concentração de oxigênio dissolvido nos ensaios ao longo do experimento.....	63
Gráfico 7: Concentração de cor nos ensaios ao longo do experimento.....	64
Gráfico 8: Média da Variação de luminosidade ao longo do experimento.....	67
Gráfico 9: Luminosidade no ensaio 1.....	68
Gráfico 10: Luminosidade no ensaio 2.....	68
Gráfico 11: Variação da temperatura.....	71
Gráfico 12: Temperatura externa (ambiente).....	71
Gráfico 13: Comparação das temperaturas externas, ensaio 1 e 2.....	72

Gráfico 14: Histograma das temperaturas no ensaio 1.....	73
Gráfico 15: QQ-plot das temperaturas no ensaio 1.....	73
Gráfico 16: Histograma das temperaturas no ensaio 2.....	74
Gráfico 17: QQ-plot das temperaturas no ensaio 2.....	74
Gráfico 18: Volume de água nos ensaios ao longo do experimento.....	76
Gráfico 19: Volume ganho e perdido ao longo do experimento.....	77
Gráfico 20: Variabilidade da temperatura no ensaio 1.....	78
Gráfico 21: Variabilidade da temperatura no ensaio 2.....	79
Gráfico 22: Porcentagem de volume não evaporado usando <i>Shade Balls</i> .....	79



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	23
2.1	OBJETIVO GERAL.....	23
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	24
3.1	A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA PARA OS SERES VIVOS.....	25
3.2	CICLO HIDROLÓGICO.....	26
3.3	DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO TERITÓRIO NACIONAL.....	28
3.4	A ESCASSEZ NA REGIÃO DO AGRETE PERNAMBUCANO.....	29
3.5	RAIOS SOLARES E A SUPERFÍCIE DA TERRA.....	33
3.5.1	PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA.....	34
3.6	TÉCNICA SHADE BALLS.....	35
3.6.1	CISTERNAS.....	36
3.6.2	TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO.....	37
3.6.3	POÇOS.....	37
3.6.4	AÇUDES E BARRAGENS.....	38
3.6.5	CARROS-PIPAS.....	39
3.7	A TÉCNICA SHADE BALLS.....	39
3.7.1	RADIAÇÃO SOLAR.....	42
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	44
4.1	TIPO DE PESQUISA.....	44
4.2	PERÍODO DE MONTAGEM DOS ENSAIOS.....	44
4.3	MÉTODO DE COLETA DOS DADOS.....	48
4.4	ADAPTAÇÃO DA TÉCNICA.....	49
4.5	PÉRIODO DE COLETA DOS DADOS.....	49
4.6	MEDIÇÃO DA EVAPORAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM E SEM A TÉCNICA SHADE BALLS.....	50
4.7	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	51

4.8	MEDIÇÃO DA LUMINOSIDADE NO FUNDO DOS ENSAIOS.....	53
4.9	MÉTODO DE ANÁLISES DOS DADOS.....	53
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>54</b>
5.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	54
5.1.1	<b>Potencial hidrogeniônico (pH).....</b>	<b>54</b>
5.1.2	<b>Condutividade.....</b>	<b>55</b>
5.1.3	<b>Sólidos.....</b>	<b>57</b>
5.1.4	<b>Demanda química de oxigênio (DQO).....</b>	<b>61</b>
5.1.5	<b>Oxigênio dissolvido (OD).....</b>	<b>62</b>
5.1.6	<b>Cor.....</b>	<b>64</b>
5.2	VARIAÇÃO DE LUMINOSIDADE.....	66
5.3	VARIAÇÃO DE TEMPERATURA.....	70
5.4	EVAPORAÇÃO.....	75
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>80</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>82</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Nota-se que nos últimos anos, as preocupações e discussões sobre questões ambientais vêm crescendo bastante, todavia, pouco tem sido feito para que o quadro de desequilíbrio e uso desenfreado dos recursos naturais seja revertido (MARION, 2013). Observa-se que a humanidade vem poluindo todas as fontes essenciais para sua sobrevivência, alterando os recursos naturais, transformando-os em uma montanha de problemas cada vez mais difíceis de serem solucionados.

Sem sombra de dúvidas, a água é o recurso natural de maior abundância na superfície terrestre, sendo também um dos elementos utilizados para todas as atividades humanas que vão desde a higiene pessoal ao laser. Os recursos naturais do planeta, principalmente os recursos hídricos estão se esgotando de forma gradativa (MORAIS, 2002; DETONI e DONDONI, 2008; OLIVEIRA e RIOS, 2013 e OLIVEIRA, 2016). Desde 2012, diferentes municípios do Brasil têm deparado com reduções da pluviosidade, delineando um cenário complexo de escassez hídrica (JACOBI, 2015). No entanto, as questões da crise hídrica não podem ser relacionadas somente as condições e características do clima, excluindo pontos decisivos de extrema importância que estão relacionados a responsabilidade e consciência dos atores, assim como as instituições envolvidas na administração da água.

De acordo com Wolkmer e Pimmel (2013), a água é um patrimônio natural estratégico. Mais do que um recurso imprescindível à produção de bens indispensáveis ao desenvolvimento econômico e social. Esse recurso contribui para o desenvolvimento que agrava ainda mais a situação de escassez do recurso.

De acordo com Ceará (2017), o planeta é coberto por cerca de 70% de água, sendo desse total 97% de água salgada. Desta maneira, tem-se disponível 3% de água doce, porém dessa pequena parcela de água doce 70% encontra-se congelada nas calotas polares e uma boa quantidade está confinada no subsolo. Desta maneira, os seres vivos contam apenas com 1% de toda essa água para todas suas atividades e demandas.

Apesar da maior porção do globo terrestre ser coberto por água, a humanidade ainda enfrenta sérios problemas. Tendo em vista a pequena fração de água doce que resta para o abastecimento, essa não se encontra distribuída uniformemente pelo planeta, tendo assim regiões com privilégios desse bem, como é o caso do Brasil que possui cerca de 12% de toda a água. De acordo com Andreoli et al. (2014), o Brasil ocupa posição de destaque no que diz respeito ao quesito de recursos hídricos. No entanto, ele é um dos países pioneiros no desperdício, chegando a jogar fora cerca de 50% de toda água captada. Esse é um dos maiores índices de descaso do planeta, grande parte desse recurso não pode ser mais utilizada para consumo, pois a maior parte dos mananciais já está altamente poluído, principalmente aqueles que se encontram inseridos em grandes centros urbanos.

Segundo Suassuna (2001), as perdas de água por evaporação tornam-se um dos fatores determinantes para a população da região, uma vez que, no semi-árido nordestino, o índice de evaporação chega a ser superior a 2.000 mm/ano, ou seja, cerca de 70% de toda água represada nos reservatórios da região, são subtraídas através desse processo natural, sobrando desta forma apenas 30% para distribuição e utilização nos diversos usos.

De acordo com Curtarelli et al. (2013), a evaporação é o fenômeno natural responsável pela transferência de água e de energia para a atmosfera. As taxas de evaporação são de extrema importância para compreender as características do clima de determinada região. As perdas de água pela evaporação na superfície livre de um reservatório podem variar de acordo com algumas forçantes meteorológicas, tais como, a radiação solar incidente, velocidade do vento, umidade relativa, temperatura do ar e pressão atmosférica.

De acordo com Marengo et al. (2016), estudos sobre a América do Sul apontam mudanças climáticas drásticas que acontecerão até o final do século XXI. Essas mudanças no clima ocorrerão com maior intensidade na região tropical do país, em específico na Amazônia e no Nordeste brasileiro, pois essas áreas são as mais vulneráveis a mudanças bruscas de clima.

Segundo Campus (2014), foi a partir do século XVI que as secas no nordeste do país começaram a ser documentadas, secas periódicas que dizimava e afugentava milhares de pessoas. Quando os portugueses chegaram ao território

brasileiro, documentaram o quanto de água o país tinha e o quanto produtivo ele seria, mas não imaginaram a sequência de longos períodos de estiagem. São secas cíclicas que até o século XX matou milhares de pessoas, quase que extinguiu a criação de gado e as plantações de grãos como, por exemplo, milho e feijão. Ainda de acordo com Campus (2014), os donos dos engenhos pensaram em soluções que viessem a minimizar o sofrimento do povo nordestino, então cisternas e barragens começaram a ser construídas, contudo nenhuma providência foi tomada para diminuir o índice de evaporação que continua sendo superior a precipitação da região. Segundo Cavalcante (2015), a ocorrência das chuvas na região nordeste é marcado pela irregularidade e má distribuição ao longo do espaço e do tempo. A seca é marcada por ciclo que se repete a cada oito a dez anos em média por século, tendo uma duração de estiagem de três a cinco anos.

Diante de todo histórico e relatos de secas com fins dramáticos para os sertanejos, medidas preventivas devem ser tomadas para que a população possa sobreviver ao longo período de estiagem. Desta forma, de acordo com Muller et al. (2016), a aplicação de uma técnica conhecida como *Shade Balls*, ou simplesmente bolas de sombra, é inovadora e foi utilizada nos reservatórios da Califórnia em 2008, para diminuir a evaporação da água. A princípio, as bolas foram utilizadas a fim de melhorar a qualidade da água nos reservatórios, evitando que os feixes de luz ultrapassasse a coluna de água, formando o elemento químico bromato. Como as bolas diminuem a entrada de luz solar na água, elas também tornaram possível a diminuição dos níveis de evaporação. Essa técnica possibilitou a economia de milhões de litros de água. O clima da Califórnia é bem parecido com o clima do nordeste brasileiro, com temperaturas elevadas (entre 17 e 31°C), precipitações baixas (entre 13 e 90 mm) e altos índices de evaporação (entre 0,5 e 1m).

Tendo em vista todos os aspectos socioeconômicos que estão ligados diretamente a água, o presente trabalho tem por finalidade o teste da possibilidade de implantação da técnica *Shade Balls* nos reservatórios de água do agreste pernambucano. Sendo os altos níveis de evaporação da região a principal fonte de inspiração para o desenvolvimento deste estudo. A comparação dos níveis de evaporação nos reservatórios com e sem a aplicação da técnica, aliadas aos testes de laboratório com a realização de análises físico-químicas, tem a finalidade de discutir a viabilidade econômica da técnica associada à qualidade e quantidade da

água. Todos os testes têm a finalidade de quantificar a eficiência e viabilidade das bolinhas na diminuição da evaporação, assim como a manutenção da qualidade da água.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a viabilidade do uso da técnica *Shade Balls* em reservatórios de água para consumo, contidas no agreste Pernambucano, para redução da evaporação sem comprometer a qualidade físico-química dessa água.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir a evaporação do reservatório com e sem a utilização da técnica *Shade Balls*;
- Testar os parâmetros que indiquem a qualidade da água, sendo os testes realizados dos métodos de análises físico-químicas;
- Estabelecer a luminosidade no fundo do reservatório;
- Discutir o custo-benefício da técnica na região do agreste pernambucano.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Grassi (2013), a água é uma das muitas substâncias químicas que estão presentes em nosso cotidiano. Essa substância é composta por dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio, formando a molécula conhecida como H<sub>2</sub>O.

É preciso entender que a quantidade de água disponível no planeta não foi alterada. O que mudou foi a qualidade e o modo como o ciclo hidrológico está devolvendo essa água para a superfície. O ciclo hidrológico ou o ciclo da água está em contínua circulação. Todo líquido que está exposto na superfície terrestre, assim como as plantas, acabam por sofrer com a ação dos raios solares, este por sua vez acarreta o aquecimento desses elementos, dando assim origem ao fenômeno conhecido como evapotranspiração. Todo esse vapor que vai para a atmosfera constituem as nuvens que por sua vez vão condensar e precipitar em forma de chuva, granizo ou neve. No momento em que essa água chega até a superfície, ela vai infiltrar no solo e assim repor a água dos aquíferos e dos lençóis subterrâneos. No instante em que esses reservatórios estiverem cheios a água poderá escorrer na superfície, formando assim os rios e mares.

Magalhães (2016), define a seca como sendo uma ocorrência sustentada que atinge uma determinada região na qual tem-se uma diminuição na disponibilidade de água natural, ficando desta forma com níveis de precipitação bem abaixo da média. O estágio de seca dar-se por índices de evaporação elevada e de precipitação baixa. Ainda segundo Magalhães (2016), é importante que tenhamos em mente a diferença de seca de aridez e seca de escassez: a seca de aridez é uma característica de clima seco, que vai definindo-se por desvio climático em um longo espaço de tempo, sendo considerado um fenômeno natural; já a seca por escassez, ocorre quando o uso ultrapassa a oferta, ou seja, gasta-se mais do que se tem disponível.

O Brasil vem passando por períodos contínuos de estiagem. Falar sobre seca no nordeste brasileiro era algo comum, entretanto essa pauta está se espalhando por todo o país, como por exemplo, o sudeste que passou por um período de índices de precipitação bem abaixo da média, onde a partir de 2013 até 2015, registraram-



se chuvas abaixo do esperado que resultou no colapso dos reservatórios em 2016. Esses são sinais claros de que o clima está mudando e afetando de forma direta o ciclo das chuvas e o nível de precipitação. Noticiários dos últimos anos vêm mostrando que regiões como São Paulo que não tinham passado antes por um racionamento passaram a alertar o país sobre a dimensão da crise hídrica, que agora não está mais restrita ao nordeste e sim a todo território nacional.

De acordo com Marengo et al. (2016), estudos relacionados à América do Sul indicam mudanças climáticas drásticas, que devem acontecer até o final do século XXI. Essas mudanças no clima ocorrerão com maior intensidade na região tropical do país em específico na Amazônia e no Nordeste brasileiro, pois essas áreas são as mais vulneráveis a mudanças bruscas de clima.

### 3.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA PARA OS SERES VIVOS

Ainda não se tem relatos de seres que habitam o planeta que consigam sobreviver sem a presença de água, sendo esta relação de forma direta ou indireta. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) (1998), apud Gouver et al. (2015), um dos fatores determinantes para o desenvolvimento econômico e social é a distribuição da água pelo globo terrestre. Cerca de 60% da água disponível está armazenada em apenas três países: Brasil, China e Rússia.

Segundo Victorino (2007), a agricultura é a atividade que consome a maior quantidade de água, chegando a consumir em uma média mundial cerca de 70% das provisões de água, essa porcentagem pode aumentar para 80% a 90% quando se fala de países subdesenvolvidos. A indústria consome em média 20% da água, restando cerca de 10% para usos domésticos e demais atividades.

De acordo com Gomes (2011), os recursos hídricos são possivelmente, o único recurso natural, no qual estabelece relações com todos os parâmetros relacionados a civilização humana, seja como componente bioquímico dos seres vivos, como meio de sobrevivência de várias espécies tanto animal quanto vegetal, como elemento representativo de valores sociais e religiosos, abrangendo

também fatores ligados ao desenvolvimento agrícola e industrial, assim como a produção de bens de consumo.

De acordo com Grassi (2013), a água é um recurso indispensável e de extrema importância para os seres vivos. Com o aumento acelerado da população mundial, junto com o crescimento dos centros urbanos, tem relação direta no aumento do consumo de água, o que vem se tornando a principal questão socioambiental do mundo moderno. Durante o século XX a população mundial cresceu três vezes, enquanto o consumo de água cresceu em seis vezes.

Segundo dados da UNESCO (*United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization*) (2016), cerca de 20% da população mundial não tem acesso a quantidade mínima de água para suas principais necessidades diárias (beber, tomar banho, cozinhar), mas também trás a tona um paradigma, apontando que a demanda por água até 2050 aumentará em torno de 40%.

Segundo Azevedo et al. (2016), a maior porção do nosso corpo é constituída por água, geralmente variando entre 45% a 75%. Esse percentual depende muito do tipo da pessoa (peso), idade e do sexo, na maioria dos casos é considerado uma faixa de 60% para pessoas adultas.

### 3.2 CICLO HIDROLÓGICO

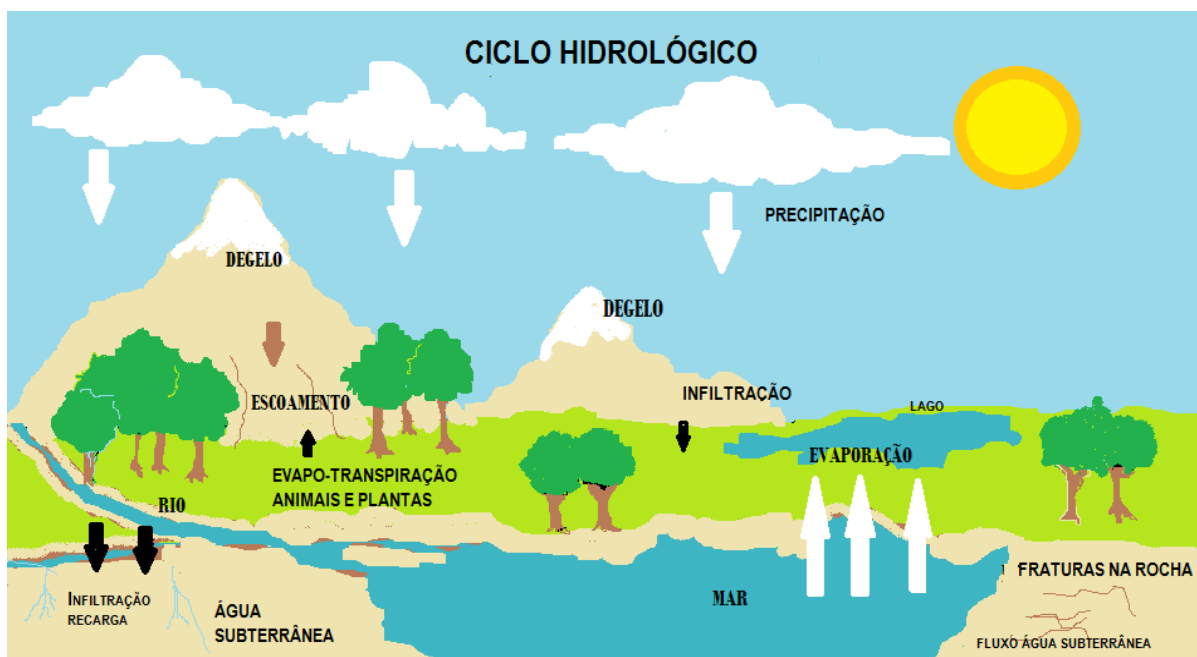
A água é um recurso renovável e indispensável para a perpetuação das espécies no planeta terra. Segundo Tundisi (2014), o ciclo da água ou ciclo hidrológico vem acontecendo ao longo de séculos e milênios, com ciclo contínuo capaz de sustentar a biodiversidade e manter em funcionamento ciclos nos ecossistemas, comunidades e populações.

O ciclo hidrológico pode ser definido como sendo um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (CARVALHO e SILVA, 2006).

Segundo Marengo (2009), em decorrência das inúmeras mudanças climáticas que ocasiona interferências no ciclo hidrológico, existem fatos de eventos extremos acontecendo, tais como, secas, enchentes, ondas de calor e de frio, furacões e tempestades, que vêm afetando distintas partes do planeta, acarretando enormes perdas econômicas.

De acordo com Tucci e Mendes (2006), o ciclo da água no globo terrestre é determinado pela energia solar. Esse ciclo retira água dos oceanos através da evaporação da superfície do mar e da superfície terrestre (TUCCI e MENDES, 2006). Essa água passa por três estados: líquido, sólido e gasoso, construindo um processo que ocorre na atmosfera e na superfície terrestre (SILVEIRA, 2001, apud ARANHA e SOUZA, 2013). A figura abaixo ilustra de forma simplificada a ocorrência do ciclo hidrológico.

Figura 1: Ciclo hidrológico da água



Fonte: Observatório Histórico Geográfico (2016)

A figura acima descreve os mecanismos de transferência da água. De acordo com Sperling (2014), o ciclo hidrológico é dividido em cinco processos, sendo eles:

**Precipitação:** A precipitação compreende toda a água que cai da atmosfera sobre a superfície da terra em forma de vapor d'água. Sendo as principais formas: chuva, neve, granizo, e orvalho.

**Escoamento superficial:** O escoamento superficial tem como característica o deslocamento da água, que foi proveniente da precipitação, esse arraste sobre o terreno resultará na formação de córregos, lagos e rios.

**Infiltração:** A infiltração é a fase de absorção da água pelo solo. Nesse momento ocorre a recarga dos lençóis freáticos. As águas subterrâneas armazenadas são de extrema importância para a alimentação dos corpos d'água superficiais nos períodos de seca.

**Evapotranspiração:** A evapotranspiração é a transferência de água para a atmosfera, sendo esse processo possível através de dois mecanismos: evaporação, compreende a passagem da água do estado líquido para o estado gasoso, sendo a temperatura e a umidade relativa do ar os principais fatores para sua ocorrência; transpiração, é a transferência de água através das plantas e animais. As plantas fazem a retirada da água do solo através das raízes, essa água é transferida para as folhas e só então ocorre a evaporação.

### 3.3 DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO TERRITÓRIO NACIONAL

Estudiosos e especialistas estão cada vez mais interessados em questões ligadas ao meio ambiente, principalmente os temas que estejam ligados a problemática dos recursos hídricos e escassez de água. A água, represada nos reservatórios estão se exaurindo de forma mais rápida do que a capacidade de reabastecimento.

O Brasil ocupa posição de destaque no quesito água, no entanto esse recurso não se encontra distribuído igualmente pelas regiões brasileiras. De acordo com UNIAGUA (2012), apud Olívio e Ishiki (2014), 70% da água presente no território nacional esta localizada na região da Amazônia, onde encontra-se a menor

densidade populacional, já na região Nordeste a disposição de água representa 5% do total, para o abastecimento de 30% da população brasileira.

Segundo Olívio e Ishiki (2014), o uso irracional dos recursos hídricos, a contínua poluição dos mananciais juntamente com a falta de chuvas, foram fatores que contribuíram para que o sudeste brasileiro enfrente-se pela primeira vez nesse século uma das piores crises com relação à falta de água e de energia.

### 3.4 A ESCASSEZ NA REGIÃO DO AGRESTE PERNAMBUCANO

O Nordeste Brasileiro conta com um total de nove estados, sendo eles, Maranhão, Sergipe, Rio Grande do Norte, Bahia, Piauí, Alagoas, Ceará, Paraíba e Pernambuco. Essa região ocupa uma área de 1.554.295.607 km<sup>2</sup> do território do país, sendo considerada a terceira maior região do Brasil (IBGE, 2016).

Segundo Rufino et al. (2016), cerca de 1.135 municípios do semi-árido brasileiros acabam sofrendo com a estiagem, que é um tipo de evento que corre com maior frequência e severidade, diante do quadro de secas. Pode-se supor que a seca deixou de ser uma incidência simples de características climáticas adversas para ser um desastre climático. O crescente aumento desse tipo de incidência em uma determinada região tem influência direta na economia e na saúde da população local.

De acordo com dados da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC, 2017), o estado de Pernambuco possui 13 bacias hidrográficas, que possuem vertentes para o Rio São Francisco e para o Oceano Atlântico. Os que desembocam no velho Chico são chamados de rios interiores, são eles: Pontal, Garças, Brígida, Terra Nova, Pajeú, Moxotó, Ipanema; já os que desembocam no Oceano são chamados de rios litorâneos, sendo eles: Goiana, Capibaribe, Ipojuca, Sirinhaém, Una e Mundaú (Pernambuco, 2017).

Segundo Moreira (2017), o primeiro registro de seca no Nordeste foi entre 1580 e 1583, sendo o estado de Pernambuco o mais atingido do Nordeste. Durante essa seca os engenhos de açúcar e mandioca ficaram sem produzir. E todos os

habitantes que dependiam daqueles engenhos foram obrigados a sair do sertão. As secas são devastadoras atingindo por maioria das vezes pessoas no estado de pobreza ou miséria, que dependem de ações públicas para sobreviver. Assim como as chuvas, as secas estão se tornando algo não-cíclico e quando acontecem são cada vez mais intensas. Pelo fato de ser uma região subdesenvolvida o investimento para amenizar o sofrimento do sertanejo pouco é realizado, com poucos reservatórios e em algumas delas, com má administração.

Ainda de acordo com Moreira (2017), na seca de 1998 Pernambuco viveu o pior racionamento de sua história. A seca foi além dos seus limites, chegando a atingir a capital Recife, que passou a ter água nas torneiras apenas uma vez por semana. Já Caruaru que é a maior cidade do interior e considerada a capital do agreste passou a ter água encanada apenas uma vez por mês, com o restante dos municípios passando meses dependentes de carros-pipas.

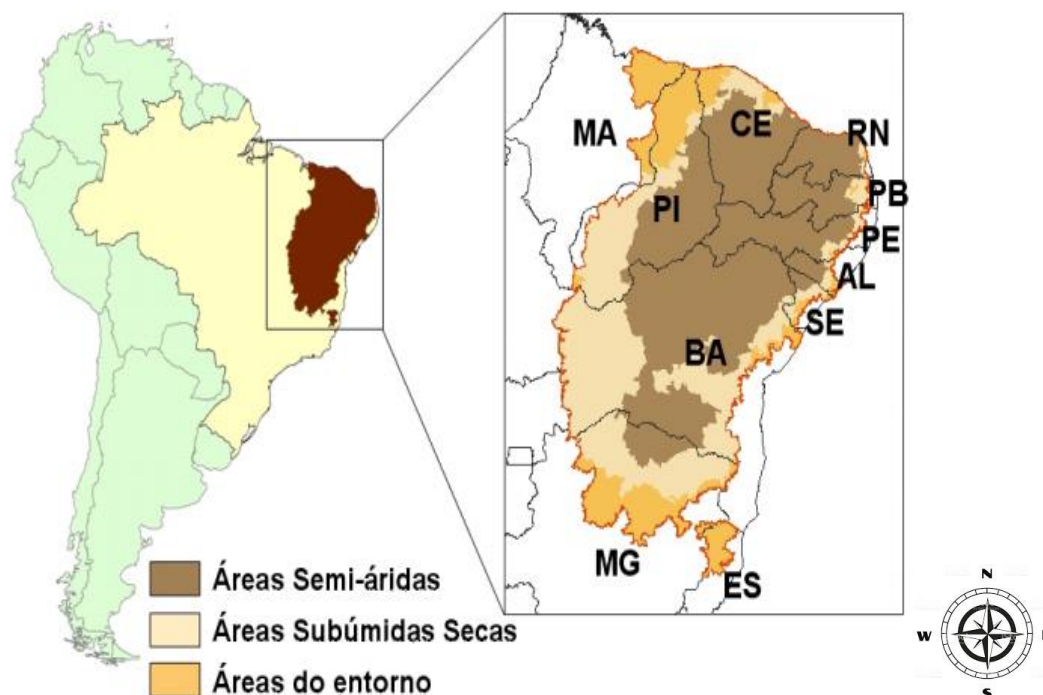
O longo período de estiagem vem afetando de forma direta o desenvolvimento da região semi-árida pernambucana, diminuindo de forma brusca todo tipo de produção, seja ela no setor da agricultura, avicultura, piscicultura, pecuária, na produção de leite e seus derivados. De acordo com Moraes (2014), no ano de 2012 o estado de Pernambuco perdeu cerca de 98% de toda produção de milho e feijão. Além da diminuição da produção geral do estado, a falta de água também faz aumentar a incidência de áreas de desertificação.

De acordo com Brasil (2012), no ano de 2016 foram colocados em estado de emergência 127 municípios pernambucanos devido à seca. Esta estiagem não deixou nenhuma pessoa morta, no entanto dizimou lavouras e pastos inteiros, deixando agricultores e criadores em um prejuízo imensurável.

O fenômeno da desertificação faz a transformação de uma área em deserto. Segundo Moraes (2014), a desertificação é oriunda dos resultados das ações climáticas e antrópicas. De acordo com Silva e Silva (2015), a desertificação esta intimamente ligada à acelerada degradação, principalmente do solo. As ações antrópicas interferem no equilíbrio do ecossistema, principalmente no bioma da caatinga, que tem como características os processos de degradação do solo e da cobertura vegetal, outros fatores também interferem como, uso inadequado do solo, criação extensiva, queimadas, entre outros. Esse fenômeno esta relacionado à

degradação do ambiente, sendo que sua qualidade depende do equilíbrio entre os processos de degradação e de recuperação. A figura abaixo mostra de maneira lúdica as áreas com maior incidência de desertificação no nordeste brasileiro.

Figura 2: Áreas com maior incidência de desertificação no nordeste brasileiro



Fonte: PANBRASIL – 2005

Segundo Silva (2009), o bioma da caatinga é do tipo hiperxerófila sendo constituída por uma vegetação do tipo espinhosa tropical, a qual é composta por um extrato herbáceo gramíneo, ao lado de árvores e arbustos, cuja densidade depende das condições edafoclimáticas, do estado de conservação do solo e da própria vegetação em fase de regeneração (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2016). Esse tipo de bioma tem maior suscetibilidade ao processo de desertificação, o qual se intensifica a cada período anual de estiagem e, principalmente, após o período de seca. No momento em que o período chuvoso volta a acontecer, nota-se um esforço muito grande de recuperação, que na maioria das vezes não é recompensado integralmente. Nesse balanço de degradação e de recuperação é bem difícil saber qual condição irá prevalecer.

Segundo dados do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2016), o processo de desertificação no Nordeste brasileiro está em processo de expansão devido a intensa exploração dos recursos naturais e o uso inadequado das terras, tais fatores favorecem a degradação ambiental em áreas que são suscetíveis à desertificação. Além da relação direta com impactos e mudanças climáticas.

Em Pernambuco, a concentração das áreas degradadas situa-se na região centro sul do Estado. Manchas esparsas se encontram distribuídas por toda a área. O total de área degradada mapeada atinge 3.286,42 km<sup>2</sup>. No Estado, encontra-se o Núcleo de Desertificação de Cabrobó (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2016). A figura 3 mostra as áreas de degradação e de desertificação no estado de Pernambuco.

Figura 3: Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado de Pernambuco



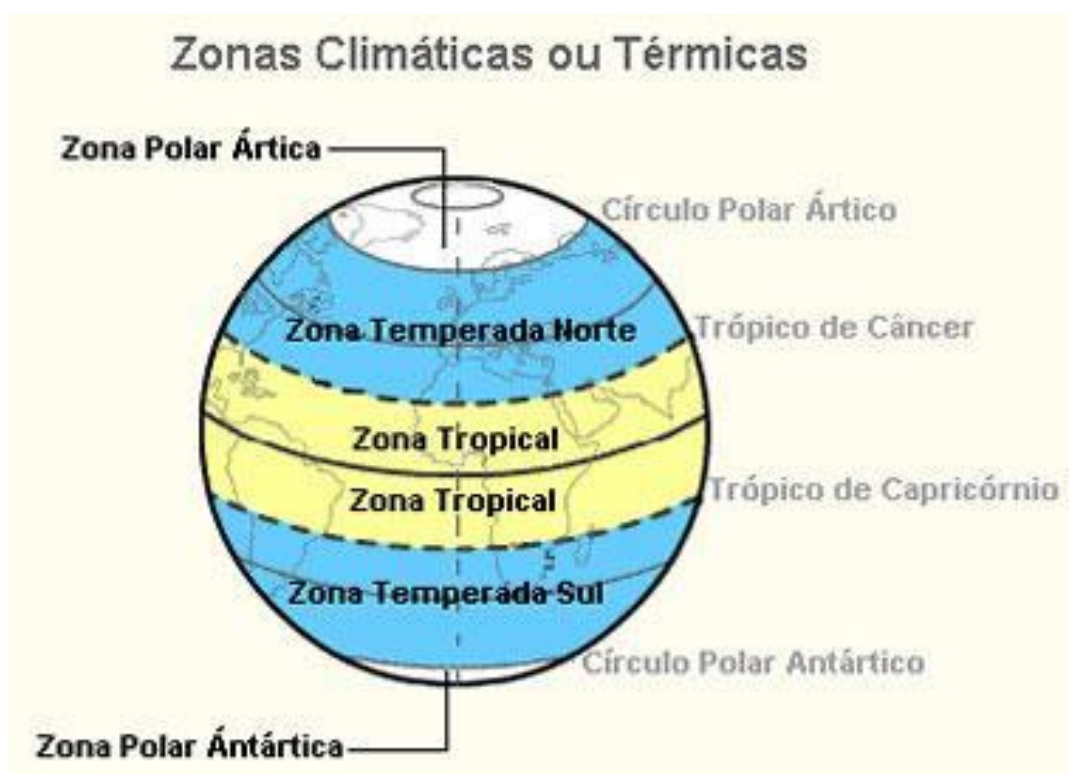
Fonte: CGEE, 2015.



### 3.5 RAIOS SOLARES E A SUPERFÍCIE DA TERRA

O globo terrestre é dividido em zonas, que são determinadas de acordo com a incidência de radiação solar sobre a superfície. De acordo com Oliveira (2014), cada uma dessas zonas possuem características diferentes, sendo elas: zonas polares são de forma geral áreas mais frias, são zonas onde, os raios solares incidem na superfície com uma grande inclinação; zonas temperadas os raios solares incidem com uma maior inclinação que nas zonas tropicais; no que se diz respeito às zonas tropicais são regiões onde estão concentradas as maiores temperaturas do planeta, nessa área os raios atingem a superfície da terra praticamente de forma perpendicular. A figura abaixo exemplifica de forma lúdica a incidência solar em cada zona.

Figura 4: Zonas climáticas



Fonte: Alan Fernandes - 2012.

A zona determina os hábitos da população e o comportamento da natureza, determinando as estações e definindo as peculiaridades de cada região.

### 3.5.1 PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA

De acordo com Melo (2009), tratando-se do ciclo hidrológico, a precipitação e a temperatura são variáveis de fundamental importância para o entendimento da dinâmica do meio físico. A compreensão dessas variáveis é de fundamental importância para o desenvolvimento estratégico associado ao meio ambiente, como, manejo da agricultura e geração de energia, principalmente, no que se diz respeito a regiões com condições tropicais.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) publicou mais um relatório a respeito dos avanços da ciência referente às mudanças climáticas globais. O cenário mais otimista prevê um aumento da temperatura terrestre entre 0,3 °C e 1,7 °C de 2010 até 2100 e, no pior cenário, a superfície da Terra poderá aquecer entre 2,6 °C e 4,8 °C ao longo deste século.

De acordo com Silva et al. (2009), essas mudanças climáticas, representam uma ameaça significativa com relação a sobrevivência dos ecossistemas, com efeitos severos sobre os indivíduos, populações e comunidades. As mudanças já começaram a ser sentidas em varias partes do mundo.

Segundo Solomon et al. (2007), o Brasil apresenta grande vulnerabilidade às alterações climáticas, principalmente, pelo fato do país acompanhar as mudanças globais. Os efeitos serão sentidos nos recursos hídricos, dificultando a sustentabilidade das lavouras, abastecimento público e a qualidade de vida.

De acordo com dados do boletim da APAC (2016), no mês de junho de 2016, foi registrados dados, pluviométricos, temperaturas e umidade relativa do ar. Na mesorregião do Sertão, choveu em média 4 mm, ficando 86% abaixo do que é esperado para o mês de junho, que tem uma média de 28 mm. No Agreste, a média mensal histórica é de 107 mm e a precipitação média em julho foi 35 mm, gerando um desvio negativo de 67%. A temperatura máxima do ar atingiu 35,1°C no Sertão

e a mínima 13°C; no Agreste os valores de temperaturas ficaram compreendidos entre 11,7°C e 32,7°C. A umidade relativa mínima, em grande parte do mês, manteve-se abaixo dos 40% no Sertão do estado. No Agreste a umidade mínima manteve-se acima de 50%.

O mês de junho é considerado um mês chuvoso, no entanto os índices de precipitação da região ficaram bem abaixo de esperado para esse período. Acumulados acima de 100 mm ocorreram apenas na Região Metropolitana do Recife, Mata Sul e Agreste Meridional, mesmo assim muito abaixo do esperado. No Agreste os municípios que registraram chuvas acima de 100 mm foram: Palmeirina (124 mm), Barra de Guabiraba (123 mm) e Correntes (103 mm), entretanto a maior parte dos municípios teve um acúmulo abaixo de 50mm. Na maioria dos dias, a precipitação diária foi inferior a 10 mm, o que significa chuvas fracas e sem contribuição para recarga hídrica dos reservatórios (APAC, 2016).

De acordo com a APAC (2016), No Agreste do estado choveu 67% abaixo da média climatológica da região (105 mm). Com uma precipitação acumulada no mês de 35 mm, teve uma redução média de 70 mm.

### 3.6 TÉCNICAS DE COMBATE A SECA

A seca ou má distribuição de água na região Nordeste brasileiro sempre foi alvo de estudos para a mitigação do sofrimento causado pelo longo período de estiagem. De acordo com Castro (2011), desde a independência, a região vem sendo alvo de toda atenção governamental e vários estudos começaram a ser desenvolvidos. O déficit de água soma-se a fragilidade do povo nordestino, com cerca de 10 milhões de pessoas que vivem no semiárido tirando seu sustento da pecuária e da agricultura tradicional. Atividades que são extremamente vulneráveis a períodos de estiagem.

Todas as intervenções foram feitas com o objetivo de melhorar a qualidade de vida do homem sertanejo, associando a dificuldade e as características climáticas da

região. Tais como, cisternas, transposição do Rio São Francisco, poços, açudes, barragens e carros-pipas.

### 3.6.1 CISTERNAS

De acordo com Farias (2012), o uso de sistemas para o armazenamento e aproveitamento de água da chuva, para consumo e abastecimento humano, é comum em várias partes do mundo, além de serem utilizadas há séculos, sem nenhum problema.

Soluções, para a mitigação dos impactos da seca sobre o sertanejo, vêm sendo tomadas, como por exemplo, a construção de cisternas. Segundo Pereira Júnior et al. (2015), o programa de construção de cisternas, tem garantido o abastecimento humano, para consumo e uso doméstico.

Quando chove, a água é captada através de calhas, que estão presas nas bordas dos telhados das residências, essa água captada segue para ser armazenada no reservatório (cisterna). A utilização dessa água servirá futuramente para as rotinas da produção animal na zona rural, durante um bom período da falta da chuva. As cisternas podem ficar sobre o solo, enterradas, semi-enterradas ou elevadas e podem ser produzidas de diversas formas, o material utilizado na confecção pode ser vinimanta de *Polyvinyl chloride* (PVC), manta de PEAD, fibra de vidro, alvenaria, ferro, cimento ou concreto armado (PALHARES, 2016).

Segundo Pereira Júnior et al. (2015), a construção de cisternas tem se mostrado eficiente, quando comparado com outros métodos de armazenamento de água, além de ser um método mais barato é um método que possui o menor impacto ambiental, quando comparado a grandes obras como, as construções de açudes e barragens.

De acordo com Couqueiro (2016), até o final de 2015, pouco mais de meio milhão de famílias camponesas, que estão situadas no Nordeste brasileiro, já haviam sido atendidas com uma cisterna de consumo, construída ao lado de suas moradias, garantindo água de beber para o ano todo.

### 3.6.2 TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO

Segundo Trajano Júnior (2017), o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), é uma das maiores obras com caráter hídrico já realizada no Brasil. Essa obra visa suprir as necessidades hídrica de 390 municípios do nordeste brasileiro, compreendidos entre quatro estados sendo eles, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte.

É importante salientar que todas essas obras são financiadas pelo Governo Federal através do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que tem o intuito de promover o desenvolvimento da infraestrutura da região, trazendo repercussões positivas para o cenário econômico e social.

De acordo com Sousa e Ribeiro (2004), desde o tempo do império que se tinha a ideia de fazer a transposição das águas do Rio São Francisco, vários projetos foram sendo feitos e aperfeiçoados ao longo do tempo, no entanto apenas em 2007 as obras de abertura dos canais começaram a serem feitos.

O projeto, que inicialmente era orçado em R\$ 4,6 bilhões, agora custa 77,8% mais caro: R\$ 8,18 bilhões, de acordo com o relatório do Ministério do Planejamento. Diante da estimativa anterior de R\$ 6,85 bilhões, feita em 2011, o reajuste é de 19,4% (CARVALHO, 2018).

### 3.6.3 POÇOS

Segundo Palhares (2016), estão sendo desenvolvidos métodos para o combate a falta d'água e o agreste pernambucano tem se voltado para a perfuração de poços artesianos.

Essa mesma região vem aumentando gradativamente o uso da água de poços artesianos, segundo Fagundes e Andrade (2011). O poço artesiano nada mais é a captação de água do subsolo pela própria pressão natural que pode levá-la à superfície, podendo utilizar uma bomba ou não. Esse método pode apresentar

vantagens e desvantagens para o meio ambiente e seres humanos. Segundo Oliveira et al. (2015), os poços apresentam vantagens, como por exemplo, no prazo de execução da obra, menor impacto ambiental em relação a outros métodos, a manutenção e operação são de custos baixos, além de garantir o abastecimento da população. No entanto os poços oferecem um alto grau de contaminação, como não se sabe ao certo de onde vem a água, ela pode estar sendo poluída por esgotos, agrotóxicos entre outros, tais contaminações podem causar doenças a população.

Em locais com precariedade de abastecimento de água, período de seca ou de racionamento, o poço artesiano pode tornar-se uma solução para esse problema. Como o custo para a implantação de um poço artesiano ainda é bastante elevado, impossibilitando que pessoas de baixa aquisição financeira tenham acesso, os governos em geral e algumas empresas, fazem a maior parte da implementação de poços na região, sendo o sertão, a região de maior necessidade.

#### 3.6.4 AÇUDES E BARRAGENS

Outro método para o combate a escassez da água no agreste de acordo com Assunção e Livingstone (1993), são as construções de açudes e barragens, para o armazenamento de água da chuva.

Os açudes assemelham-se a uma lagoa pequena, onde a utilização da água pode ser para, irrigação de culturas, pecuária, abastecimento de água da população, criação de peixes, turismo e reserva de água de última instância.

As barragens se caracterizam por serem obras de grande porte, necessitam de grande investimento, e uma grande área para sua implantação, sendo o principal meio de armazenamento de água para a população.

### 3.6.5 CARROS-PIPAS

Segundo Alves e Araújo (2016), no ano de 2016, 4 municípios localizados no agreste pernambucanos passaram a ser abastecidos exclusivamente por carros-pipas, sendo eles Belo Jardim, Sanharó, Tacaimbó e São Bento do Una. Além de 11 municípios localizados no sertão do estado. Estima-se que a COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento), teve um gasto de 500 mil reais, no abastecimento da população dos 4 municípios do agreste. Desse montante parte foi suprida pelo governo do estado e parte pela COMPESA, a região estava sendo abastecida pela COMPESA, utilizando 50 caminhões pipas, os quais eram carregados com água dos reservatórios de Garanhuns e Agrestina.

Novas técnicas são bem vindas para auxiliar no combate a escassez da região, desse modo, a técnica *Shade Balls* pode ajuda-los a solucionar os problemas e déficits que o agreste pernambucano vem enfrentando.

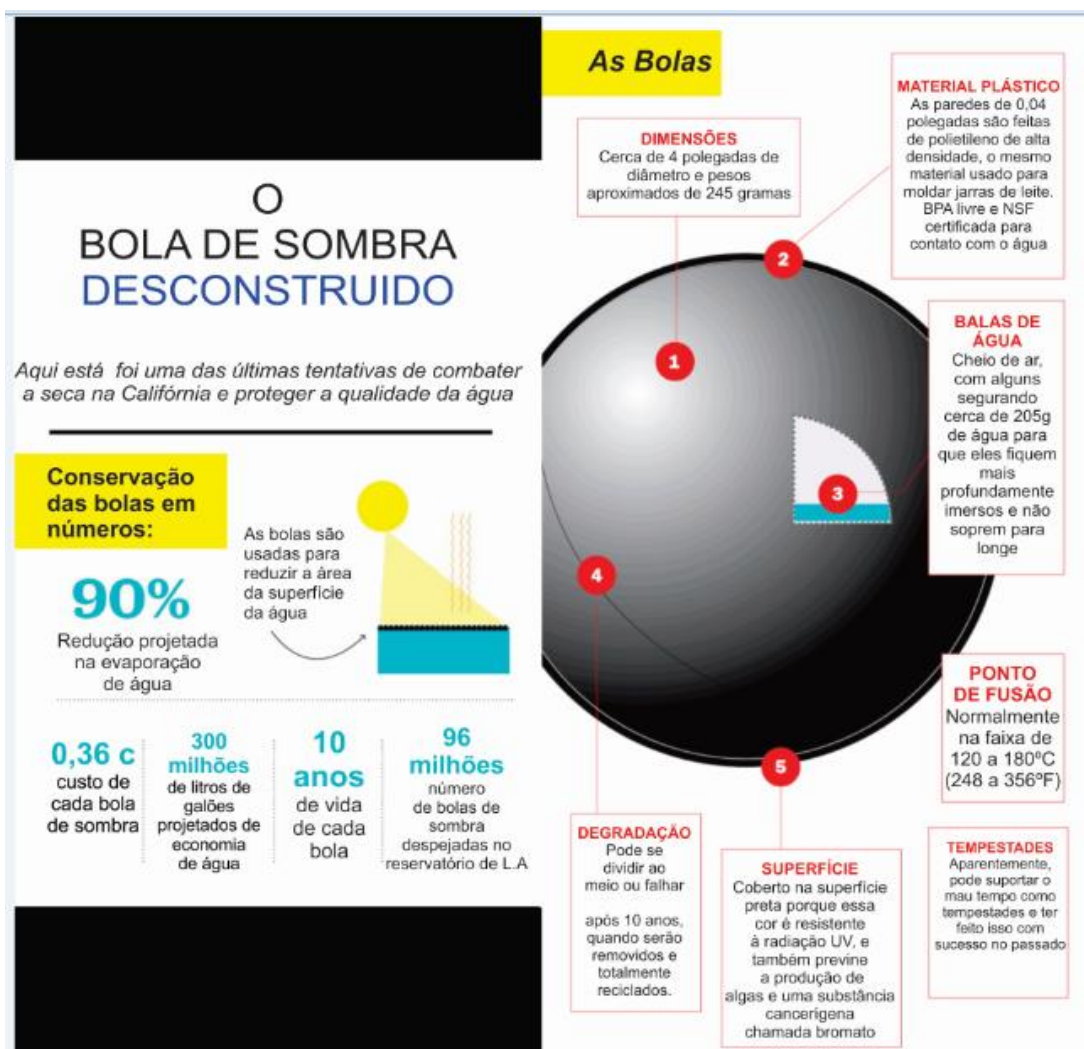
### 3.7 A TÉCNICA SHADE BALLS

Segundo Malandrino et al. (2015), a técnica foi desenvolvida pela empresa americana Xavier C, essa tecnologia consiste na utilização de bolas pretas, bolas de sombra, preenchidas com água, para evitar o arraste pelo vento. São constituídas de polietileno de alta densidade (PEAD). A técnica foi utilizada pela primeira vez na cidade de Los Angeles em 2008, com o objetivo inicial de evitar a formação de uma substância cancerígena, o chamado Bromato. Essa substância é formada por meio da junção de três elementos: brometo, que se encontra naturalmente nas águas subterrâneas, cloro e a incidência de radiação solar (TOMERLIN, 2008)

Segundo Muller et al. (2016), a seca da Califórnia teve início em 2012, tendo uma maior intensidade em 2014, que durante esse período foram registradas as maiores temperaturas e os menores índices pluviométricos dos últimos anos. A cidade passou pela pior estiagem dos últimos 119 anos, sendo um dos índices mais críticos do estado.

Diante de tamanho déficit hídrico na cidade, no ano de 2015, criou-se uma nova finalidade para essa tecnologia, que evitou a evaporação de águas dos reservatórios. Segundo Gebelhoff (2015), foram despejadas em um reservatório local, cerca de 96 milhões de bolinhas, prevendo-se, uma economia de cerca de 300 milhões de galões de água, ou seja, o estado conseguiu poupar cerca de 1,135 milhão de m<sup>3</sup> de água por ano, chegando a reduzir um percentual de 80% à 90% da evaporação (EUA, 2015). Esse projeto economizou 250 milhões de dólares comparado com outras soluções.

Figura 5: Análise da técnica *Shade Balls*



Fonte: Malandrino, 2015

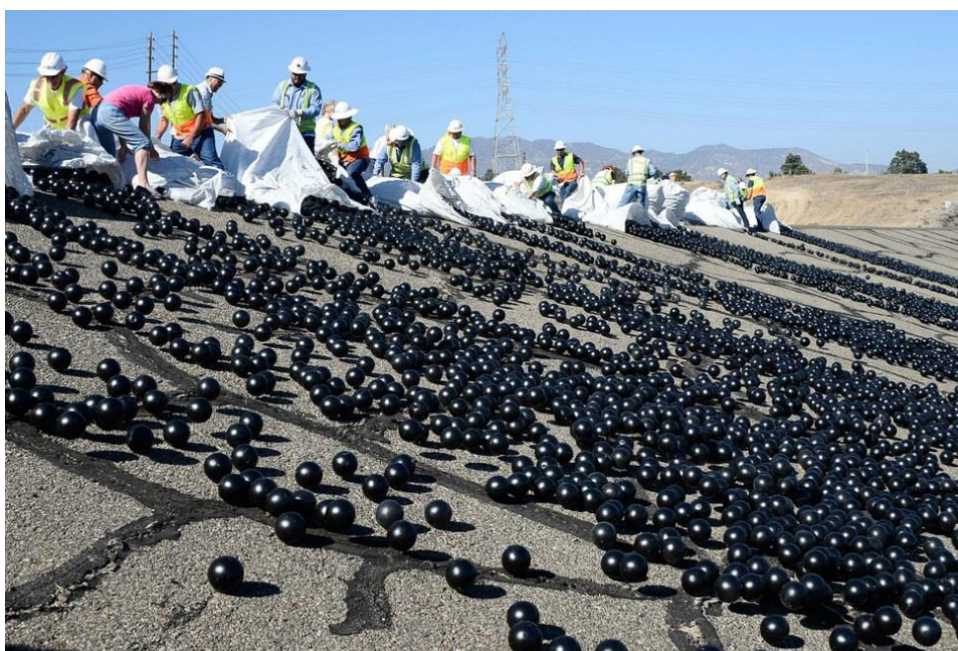


De acordo com Malandrino et al. (2015), as bolas, atualmente são empregadas em reservatórios de diferentes finalidades como, para abastecimento e consumo humano e em estações e tanques para a geração de neve artificial.

Fez-se a utilização do PEAD, por ser um material maleável, fácil de ser produzido, passível de ser reciclado e por apresentar uma maior durabilidade em relação às intempéries do meio ambiente. Segundo Pedroso e Rauber (2017), estima-se que a troca das bolinhas só será necessária após um período de 10 anos de utilização. Quanto ao formato esférico, foi escolhido por melhor ajuste na superfície do reservatório.

As bolas de sombra possuem a cor preta, pelo fato de serem cobertas com uma camada de fuligem, carbono preto, que é quimicamente estável e resiste aos raios ultravioletas (MULLER, 2016). O PEAD é utilizado na fabricação de canos e tubos, que são utilizados quase que em sua totalidade em sistemas hidráulicos. Sendo assim, as bolas de sombras são certificadas pela National Science Foundation – NSF, que garante que a utilização destas esferas não causam danos à saúde por estarem em contato com a água (EUA, 2015).

Figura 6: Despejo das bolinhas no reservatório



Fonte: EUA, 2015.

Segundo Malandrino et al. (2015), pelo fato da bola possuir um formato esférico, a mesma não consegue cobrir totalmente a superfície do reservatório, estimando-se que as esferas cubram cerca de 79,4% da superfície.

Figura 7: Reservatório coberto pelas bolinhas



Fonte: EUA, 2015.

As bolinhas possuem 4 polegadas de diâmetro e pesam 40g, a quantidade de água que deve ser colocada em seu interior, e a depender a região em que a técnica estará sendo aplicada, a velocidade do vento deve ser levado em questão. Cada uma das bolinhas tiveram um custo de U\$ 0,36 (MULLER et al., 2016).

### 3.7.1 RADIAÇÃO SOLAR

Com a incidência da radiação solar na superfície da água, há o aumento da energia cinética das moléculas, o que, por sua vez, além de aumentar a temperatura, contribuindo para que o número de moléculas aumente e acabe se despreendendo do conjunto, acarretando assim no aumento da taxa de evaporação

(MALANDRINO, 2015). Desta maneira, as bolas funcionam como uma espécie de barreira, que restringem a quantidade de radiação que incide sobre a água. As bolas diminuem a incidência de energia sobre a água e conseqüentemente diminuem a evaporação.

O polietileno é um material de calor específico de 325 kcal/kg°C sendo razoavelmente alto se comparado a outras opções de materiais, ou seja, para uma mesma quantidade de calor incidente nas bolas por meio da radiação solar, a temperatura das bolas aumenta menos (MALANDRINO et al., 2015).

Para fins de curiosidade, a água que está sendo economizada com a técnica na cidade de Los Angeles equivale a 68% da capacidade da barragem de Tabocas, por sua vez localizada na cidade de Belo Jardim-PE. Este reservatório é a segunda fonte de abastecimento para a população do município citado anteriormente.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 TIPO DE PESQUISA

Trata-se de um estudo do tipo quanti-qualitativo, na qual foi feita a verificação e teste da técnica *Shade Balls*, com o intuito de adaptação e viabilidade da tecnologia para o agreste Pernambucano.

Foram montados dois ensaios (caixas d'água de 310 litros) representados por dois reservatórios, ambos totalmente abertos e expostos a todas as intempéries do meio ambiente, sendo que um dos reservatórios teve a superfície coberta pelas bolinhas, para que a técnica *Shade Balls* fosse testada.

Ambos os reservatórios foram parcialmente preenchidos com água de um açude localizado próximo ao local dos ensaios. O reservatório no qual a água foi coletada é um espaço no qual a população da região faz uso da água para diversas atividades, é uma água *in natura* sem tratamento prévio.

O reservatório, que foi destinado para o teste da técnica depois de parcialmente preenchido foi coberto por bolinhas pretas, formando um arranjo de forma que as bolinhas tivessem o mínimo de espaço entre uma e outra.

### 4.2 PERÍODO DE MONTAGEM DOS ENSAIOS

Antes de todos os testes serem realizados, foi necessário fazer o planejamento e a montagem de todo experimento, assim como a programação de todos os equipamentos coletores de informação. Essa montagem consistiu em colocar no local planejado, no campus III, da ASCES-UNITA todo o material. Após a escolha da área, foi feito a capinação, o nivelamento, identificação e o isolamento dos ensaios, como mostras figuras 8, 9, 10 e 11. Com todo material pronto para os testes, à água pôde ser coletada no açude.

Figura 8: Capinação e nivelamento do terreno



Fonte: Próprio autor

Figura 9: Preparando o terreno para cercar



Fonte: Próprio autor

Figura 10: Terreno nivelado



Fonte: Próprio autor

Figura 11: Cercando a área dos ensaios

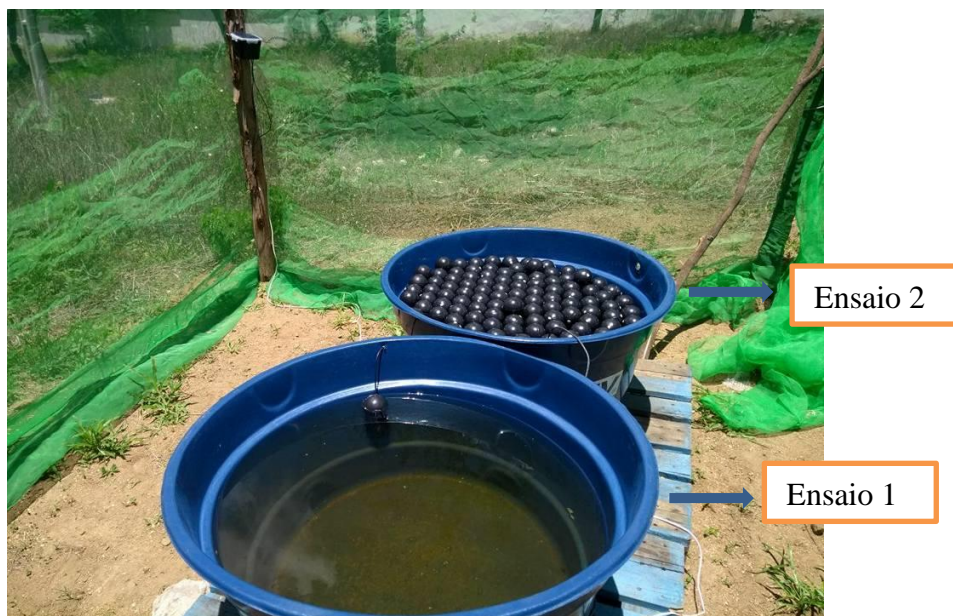


Fonte: Próprio autor

Após coleta da água, foram adicionados aproximadamente 200 litros em cada um dos reservatórios. Com os reservatórios parcialmente preenchidos, foram colocados expostos ao ambiente, sendo um dos ensaios com a aplicação da técnica e o outro com a superfície totalmente livre, como pode ser observado nas figuras 12 e 13. Foi feita a colocação de uma tela protetora, com o intuito de evitar a entrada de

insetos e conseqüentemente sua proliferação. Com os ensaios preenchidos e com os sensores funcionando perfeitamente, a coleta começou a ser realizada.

Figura 12: Ensaios 1 e 2



Fonte: Próprio autor

Figura 13: Experimento pronto



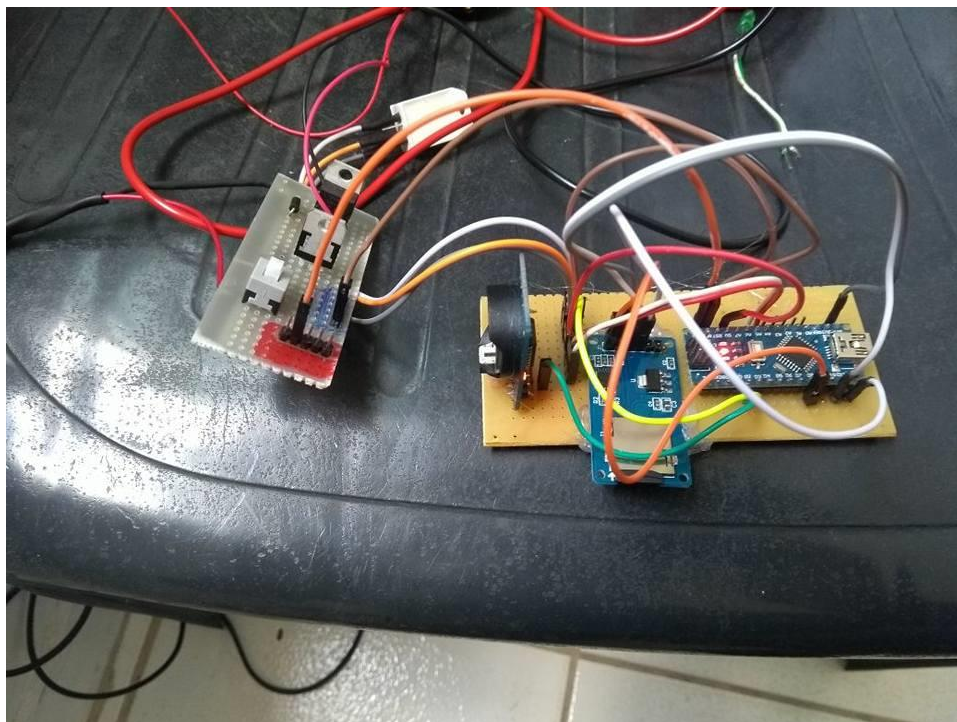
Fonte: Próprio autor

### 4.3 MÉTODO DE COLETA DOS DADOS

Todos os dados experimentais foram coletados três vezes por semana, sendo os dias de coleta na segunda, quarta e sexta-feira. A coleta foi realizada no período da tarde, compreendendo o intervalo de 16:00 às 18:00 horas.

Foram registrados dados de forma automática para, temperatura e luminosidade. A luminosidade, foi medida via arquitetura eletromecânica e os dados de temperatura foram registrados via autônoma pela arquitetura eletromecânica Arduíno e seus sensores, como pode ser observado na Figura 13. Os dados foram armazenados em mídia SD (Cartão de memória) e registrados a cada hora. Os sensores de temperatura e luminosidade ficaram imersos no fundo dos ensaios

Figura 14: Sensores



Fonte: Próprio autor



Os dados coletados através dos sensores foram temperatura e umidade externa, temperatura interna dos ensaios e luminosidade no fundo dos ensaios. Os sensores foram alimentados por baterias recarregáveis, as mesmas foram acopladas a uma placa solar.

#### 4.4 ADAPTAÇÃO DA TÉCNICA

Como a técnica é nova, e ainda não tinha sido testada no país, não foi possível encontrar um fabricante, que produzisse de forma fiel todas as características descritas na literatura, para as esferas originais. Como é bastante difícil encontrar na indústria, empresas que desenvolvam bolinhas com as especificações necessárias e o custo de importação é relativamente alto, utilizou-se bolinhas de um fabricante artesanal da cidade de Olinda, que produziu bolinhas com especificações diferentes das utilizadas nos EUA, mas com o mesmo material. Tendo em vista que os ensaios realizados foram em reservatórios pequenos, apenas para testes iniciais, sendo que no Brasil não existe nenhum fabricante que atenda as especificações das bolinhas utilizadas na literatura, fez-se a opção de fazer os testes nas caixas de água e com bolinhas menores, porém com a mesma qualidade que as originais. Desta forma, a técnica foi testada com esferas possuindo 73,66 mm de diâmetro e 1,0 mm de espessura.

#### 4.5 PERÍODO DE COLETA DOS DADOS

A coleta dos dados começam a ser tabulados no dia 16 de março de 2018, e terminaram em 20 de abril do mesmo ano, totalizando 38 dias de ensaio. Os dados coletados via automática, através dos sensores foram emitidos a cada hora, sendo devidamente armazenados. Os dados de verificação e análises foram realizados três vezes por semana.

#### 4.6 MEDIÇÃO DA EVAPORAÇÃO DO RESERVATÓRIO COM E SEM A TÉCNICA *SHADE BALLS*

Inicialmente, com os reservatórios parcialmente cheios e com as mesmas alturas dos níveis de água, foi feita a medição da altura da coluna de água. Essas medidas foram feitas com o auxílio de uma régua devidamente graduada, sendo a mesma imersa nos reservatórios para a obtenção do nível de água. Todos os níveis foram coletados no mesmo horário, como indicado na Figura 15. Para a medição do nível da água no ensaio 2, com a aplicação da técnica, foi necessário fazer a retirada das bolinhas, para que a água que esta presente em seu interior não tivesse interferências no nível, como mostra a Figura 16.

O nível da régua indicaria o quanto de água seria evaporado, ou seja, que seria perdido com o calor oriundo da radiação solar. Foi então feita a comparação dos índices de evaporação de cada ensaio, estimando o quanto foi perdido.

Figura 15: Medindo os níveis de evaporação



Fonte: Próprio autor

Figura 16: Retirada das bolinhas para a realização das medições



Fonte: próprio autor

#### 4.7 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Para estes testes de natureza físico-química foram utilizados os laboratórios da ASCES-UNITA, assim como seus equipamentos. Os equipamentos foram utilizados para a medição do pH, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, DQO, cor e condutividade. Todos com a anuência dos técnicos laboratoriais responsáveis da IES.

No momento da coleta os reservatórios foram homogeneizados e então foi retirado uma alíquota de 300 mL, como pode ser observado na Figura 15.

Figura 17: Homogeneização dos ensaios para a retirada das amostras



Fonte: Próprio autor

Figura 18: Retirada da amostra



Fonte: Próprio autor

#### 4.8 MEDIÇÃO DE LUMINOSIDADE NO FUNDO DOS ENSAIOS

Foi instalado no fundo dos reservatórios um dispositivo, no qual mediu a quantidade de luz que conseguiu passar pela lâmina de água. Este dispositivo emitia as informações a cada hora, essas informações eram enviadas para a central, sendo todas leituras armazenadas em um cartão de memória. Com todos os dados foi possível a identificação dos períodos que tiveram a maior e menor incidência de luminosidade durante o dia no fundo de cada ensaio.

#### 4.9 MÉTODO DE ANÁLISES DOS DADOS

Todos os dados coletados serão armazenados e comparados. Foi feito ainda comparação dos índices de temperatura, níveis de água e todas as análises laboratoriais realizadas ao longo do período de coleta. Desta forma, possibilitou-se avaliar os resultados através de gráficos e tabelas e se o método pode indicar que sua aplicabilidade em nossa região pode contribuir para a diminuição da escassez e conseqüentemente ajudar na preservação dos reservatórios da região do agreste.

## 5 RESULTADOS

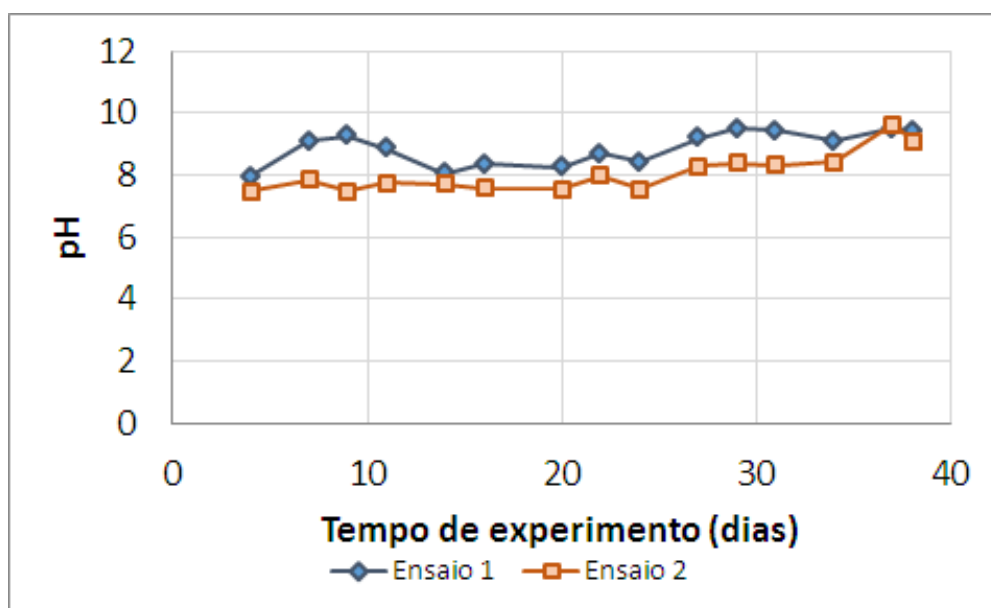
### 5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICAS

Os experimentos, com e sem bolinhas, foram monitorados através de algumas análises físico-químicas, como descritas na metodologia. A seguir serão discutidos os resultados das análises.

#### 5.1.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Na avaliação do pH, os valores registrados no ensaio 1, sem as *Shade Balls*, foram mais elevados em relação ao ensaio 2, com as mesmas. Este comportamento pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1: Valores de pH nos ensaios ao longo do experimento



Fonte: próprio autor

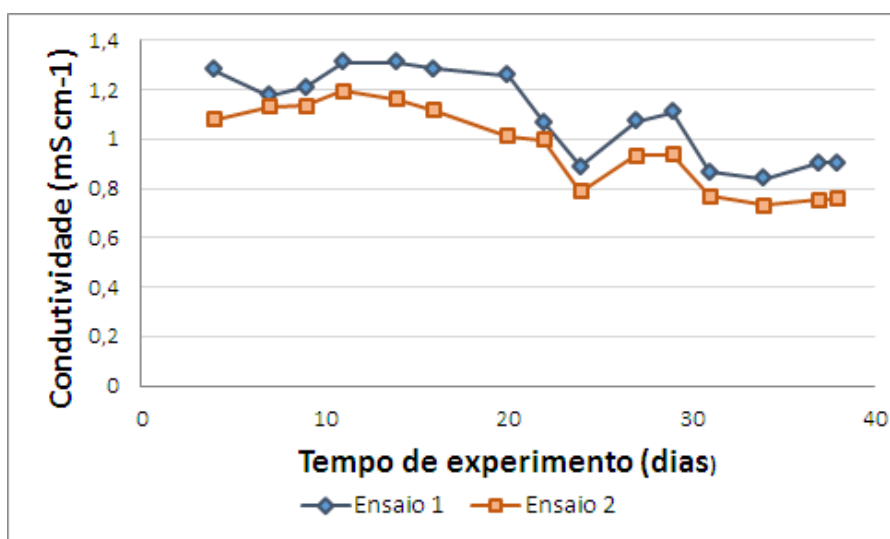
Ao longo do tempo, foram observados que os valores dos parâmetros analisados no ensaio 1 se sobressaíram em relação aos analisados no ensaio 2. Em ambos os ensaios, houve o aumento do pH ao longo do experimento. No ensaio 1, o pH inicial foi de 7,9, e o final foi de 9,4. No ensaio 2, o pH inicial foi de 7,5, e o final foi de 9,1. Pode-se observar que os parâmetros iniciais e finais dos ensaios tiveram praticamente o mesmo pH no início e no fim do experimento. Os dois parâmetros cresceram juntos e na mesma proporção. Ao longo do experimento, foi notado o surgimento de microrganismos aderidos às paredes do recipiente. Estes microrganismos tinham aparência viscosa, com coloração esverdeada, observada nos dois ensaios, no entanto com menor concentração no ensaio 2, o que explica o aumento da basicidade da água. Segundo Sperling (2014), o aumento do pH em corpos d'água, pode ocorrer principalmente pela proliferação de algas. Certas condições, fornecidas pelo meio ambiente, possibilitam o crescimento desse tipo de microrganismo, como por exemplo, clima quente, luz do sol e excesso de nutrientes na água. As águas fluviais possuem uma grande quantidade de nutrientes.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, o padrão para o pH de águas doces aceitável, independente da classificação, é de 6 a 9, desta maneira boa parte dos resultados do ensaio 1 estão fora do padrão estabelecido pela norma, no entanto o ensaio 2 obteve apenas 4 parâmetros fora da faixa, sendo que todos esses parâmetros podem ser corrigidos.

### **5.1.2 Condutividade**

Apresenta-se no Gráfico 2 os resultados obtidos referentes a condutividade elétrica das amostras no ensaio 1 e 2. Podendo ser observado que a concentração no ensaio 1 foi sempre superior a concentração do ensaio 2.

Gráfico 2: Concentração de condutividade nos ensaios ao longo do experimento



Fonte: próprio autor

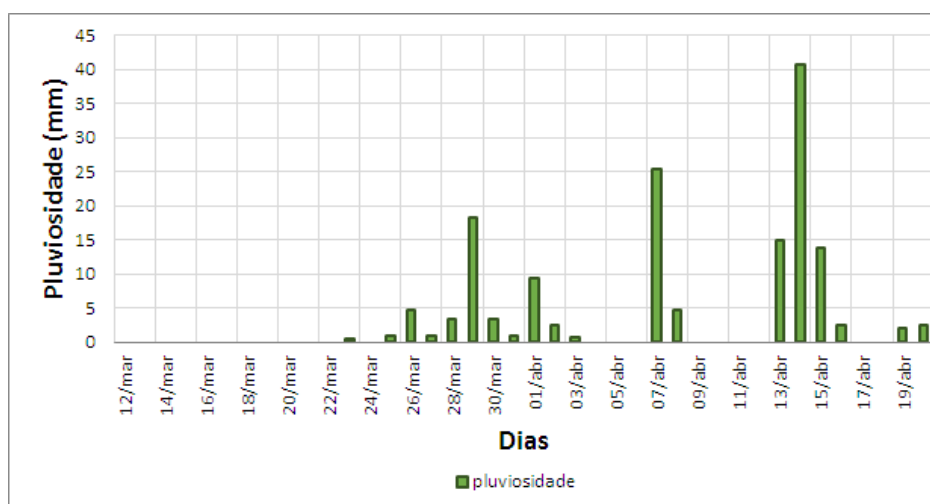
Condutividade elétrica é a capacidade de uma solução em transmitir corrente elétrica. De acordo com dados de São Paulo (2005), a condutividade representa a quantidade de sais dissolvidos e ionizados, que estão presentes na água, no momento em que ocorra a transformação em eletrólito, o mesmo será capaz de conduzir corrente elétrica. Em reservatórios abertos, expostos as intemperes, pode ocorrer diluição da solução em eventos chuvosos. Por isso, segundo Porto (1991), o valor da condutividade é inversamente proporcional ao índice pluviométrico, ou seja, quanto maior o valor da condutividade elétrica, menor deverá ser o valor do índice pluviométrico, e assim vice-versa.

Durante os 20 dias de experimento, a concentração da condutividade se manteve em torno de  $1,1 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Após este período, a condutividade diminuiu. Os sais que estão presentes no reservatório não são capazes de evaporar, multiplicar ou desaparecer, o que ocorre são diferenças nos índices de concentração da amostra. Na ocorrência de chuvas, ocorre entrada de água no sistema e com isso diluição da concentração de sais, conseqüentemente diluição da condutividade. Ao ocorrer evaporação, ocorre a perda de água do sistema e com isso, aumento da concentração dos sais.



O valor da condutividade diminuiu após os 20 dias de experimento, devido a grande ocorrência de chuvas intensas na região do experimento. Como ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3: Dados pluviométrico



Fonte: APAC (2016)

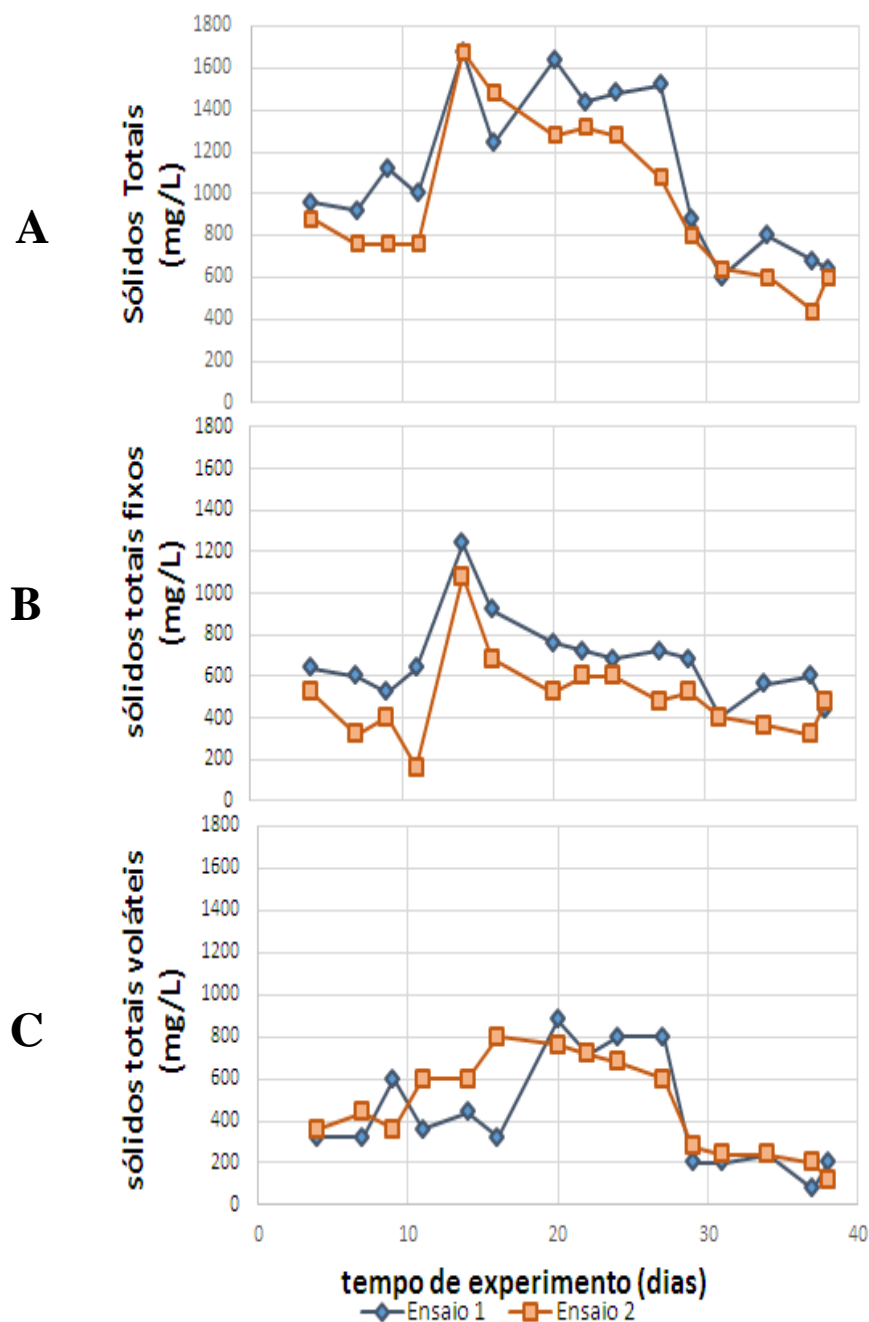
O Gráfico 3 mostra a ocorrência e a quantidade de chuvas ao longo dos dias do experimento. Pode-se observa que nos 10 primeiros dias de experimento não houve chuvas, no entanto a partir do 11º dia foi registrada a ocorrência de chuvas, que ocorreram praticamente todos os dias, sendo o maior intervalo de 4 dias, que foi registrado durante o período de 9 de abril de 2018 à 12 de abril do mesmo ano. O maior valor de precipitação foi registrado no dia 14 de abril.

### 5.1.3 Sólidos

A condutividade mede de forma indireta a concentração de sais (sólidos inorgânicos ionizáveis). Por isso, foi realizada a análise gravimétrica de sólidos, onde foi identificado os sólidos orgânicos (voláteis) e inorgânicos (fixos).

Os dados, da concentração dos sólidos totais e fixos no ensaio 1 foram maiores que a concentração dos sólidos no ensaio 2, sendo que, no mesmo ensaio, a concentração dos sólidos voláteis foi maior em uma pequena fração do experimento, como pode ser observado no Gráfico 4.

Gráfico 4: Concentração da série de sólidos nos ensaios ao longo do experimento



Fonte: próprio autor

Segundo dados de São Paulo (2005), os sólidos presentes nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. As operações de secagem são as que definem os diversos sólidos presentes na água.

Com base nas amostras coletadas, pode-se observar que os sólidos totais estão presentes em maior concentração no ensaio 1, esse ensaio teve a maior superfície de contato, estava com uma maior exposição as condições atmosféricas, que o ensaio 2. Ao avaliar as frações dos sólidos totais, fixos e voláteis, observou-se que a concentração de sólidos fixos estava mais elevada que a de voláteis na maior parte do experimento. Em ambos ensaios predominou os sólidos fixos. Após 10 dias houve um aumento dos inorgânicos em maior percentual que dos sólidos voláteis. Após o 14º dia, a concentração dos sólidos inorgânicos apenas reduziu. Como mostrado acima, o período inicial foi de ausência de precipitação e maior valores de temperatura, favorecendo a evaporação, e a concentração dos sais.

No caso dos sólidos voláteis, que representam a matéria orgânica, ou seja, a quantidade de compostos que tenham em sua composição átomos de carbono, a concentração iniciou-se igualmente nos dois ensaios. Após 12º dias de experimento, houve um aumento de 50% na concentração destes sólidos no ensaio 2 e mais 50% após o 14º dia. No ensaio 1 houve um crescimento de 200% em relação a concentração inicial apenas no 20 dia. A partir do 27º dia, a concentração de sólidos orgânicos reduziu em 300% e 100% nos ensaios 1 e 2, respectivamente. Portanto, apesar do ensaio 2 ter a superfície coberta por bolinhas, não houve interferência no desenvolvimento da matéria orgânica biodegradável. O crescimento da matéria é associado ao desenvolvimento de microrganismos. Após o 28º dia, ocorreram maiores períodos de chuva, com isso, redução da insolação. Com a redução da insolação houve redução da atividade fotossintética das algas e continuo processo de degradação microbiana da matéria orgânica.

Segundo o CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, estabelece como limite aceitável uma faixa de 300 e 500 mg/L de sólidos totais para classe 1 e 4, respectivamente. No entanto, a água utilizada para o teste com e sem as *Shade Balls*, foi retirada de um açude, a mesma já veio com uma grande concentração de

sólidos. Os valores obtidos se enquadram apenas corpos hídricos de classe 4, pois essa classe abrange os valores de sólidos superiores a 500 mg/L.

Para reservatórios de classe mais nobre como o 1 e 2, a concentração dos sólidos ultrapassaria o recomendado. As Figuras 19 e 20 mostram os sólidos do ensaio 1 e 2 respectivamente, ao final do experimento.

Figura 19: Sólidos no ensaio 1, último dia de experimento



Fonte: Próprio autor

Figura 20: Sólidos no ensaio 2, último dia de experimento

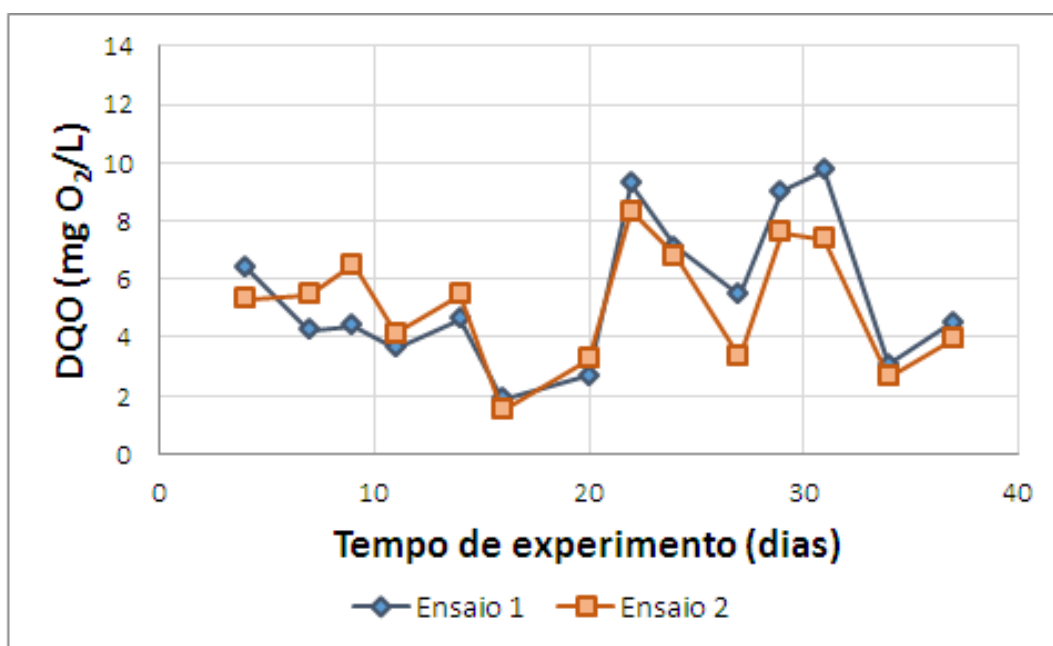


Fonte: Próprio autor

### 5.1.4 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Os resultados das análises de DQO ficaram bem parecidos em ambos os ensaios. Nos 20 primeiros dias com predominância do ensaio 2, e nos últimos 18 dias com predominância do ensaio 1, como pode ser observado no Gráfico 5.

Gráfico 5: Concentração de DQO nos ensaios ao longo do experimento



Fonte: próprio autor

A DQO é um parâmetro bastante utilizado, para a observação dos níveis de dificuldade ou facilidade na degradabilidade dos compostos orgânicos. Segundo a CETESB (2005), a DQO é a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica em uma amostra, por meio de um agente químico, geralmente o dicromato de potássio. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO<sub>5,20</sub>, sendo o teste realizado em um prazo menor, possibilitando a intervenção de forma mais rápida.

Observa-se que a concentração da DQO em ambos os ensaios, foram bem próximas, com oscilações. Sendo os picos dos dias 22<sup>o</sup> e 31<sup>o</sup> referente ao ensaio 1 e

22º e 29º para o ensaio 2, referentes à capinação realizada ao redor do experimento. Devido às chuvas ocorridas que fez com que a vegetação ao redor aumenta-se consideravelmente, precisando de capinação, que acabou por introduzir uma grande quantidade de matéria orgânica vegetal nos ensaios, vinda pelo ar.

De acordo com o CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, o valor para  $DBO_{5,20}$  é de no máximo 10 mg/L. Todos os dados coletados da DQO foram inferiores à 10 mg/L, mesmo esse valor sendo correspondente à DBO o parâmetro é válido, uma vez que, o valor da DQO é maior que o da DBO, sendo assim os níveis de concentração, compreendem ao intervalo de faixa exigida pela norma.

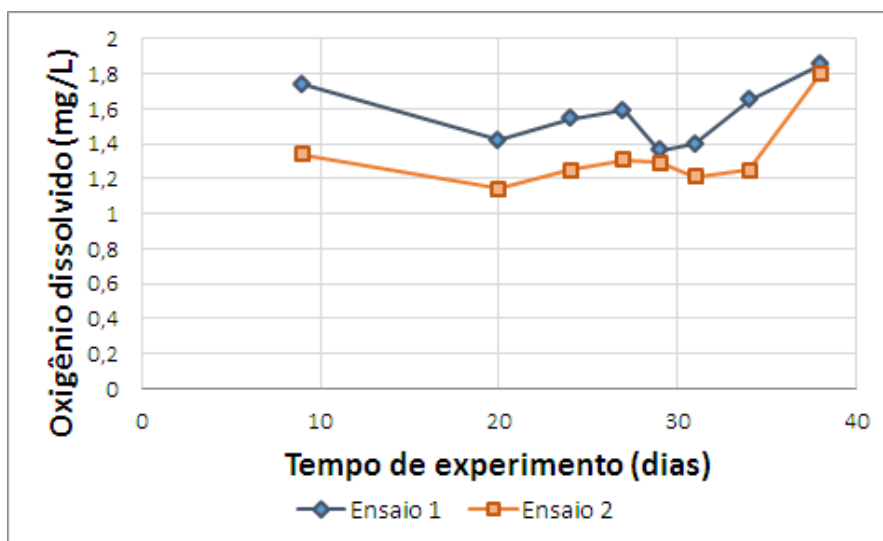
### **5.1.5 Oxigênio Dissolvido (OD)**

De acordo com Piveli (2006), as taxas de introdução de oxigênio dissolvido em superfícies de águas naturais, dependem muito das características do corpo d'água, sendo as peculiaridades hidráulicas proporcionais à velocidade. Desta maneira, as taxas de aeração superficial de uma cascata serão bem maiores que as taxas de um rio com velocidade normal, que por sua vez, terá taxas bem maiores do que as de uma represa com velocidade normal bem baixa, quase que parada.

Ambos os ensaios foram submetidos às mesmas condições, foram colocados expostos ao ambiente, propícios a qualquer interferência, sendo principalmente relacionadas às condições climáticas.

A concentração do OD foi maior no ensaio 1 do que no ensaio 2, como pode ser observado no Gráfico 6.

Gráfico 6: Concentração do oxigênio dissolvido nos ensaios ao longo do experimento



Fonte: próprio autor

Os ensaios ficaram parados, sem nenhuma interferência ou método de aeração. Observou-se que os parâmetros circularam na faixa de 1 e 2 mg/L de concentração, tendo maior diferença na primeira medição, notou-se que as concentrações variam proporcionalmente. Na primeira e segunda medição não houve a interferência de chuvas ou aumento da matéria orgânica, o decréscimo dos valores é atribuído às condições naturais, que foram fornecidas aos ensaios 1 e 2, um ambiente totalmente parado.

As concentrações de OD começam a subir devido à ocorrência de chuvas e ventos, que fez uma pequena movimentação no interior dos ensaios, e a produção do mesmo através dos organismos fotossintetizantes.

Nos dias sem incidência de pluviosidade (precipitação), a concentração do OD decaiu. No entanto quando começa o período de chuvas, nota-se que as concentrações começam a subir. Na amostra do dia 29, pode-se observar o aumento de ambas as concentrações, neste momento houve a maior ocorrência de chuvas, as quais foram associadas a homogeneização (movimentação) dos ensaios. As concentrações de ambos os ensaios cresceram juntas, sendo observado no termino das medições que as concentrações foram praticamente iguais.

Segundo a Resolução do CONAMA 357 de 17 de março de 2005, a concentração de OD deverá ser no mínimo de 2 mg/L.

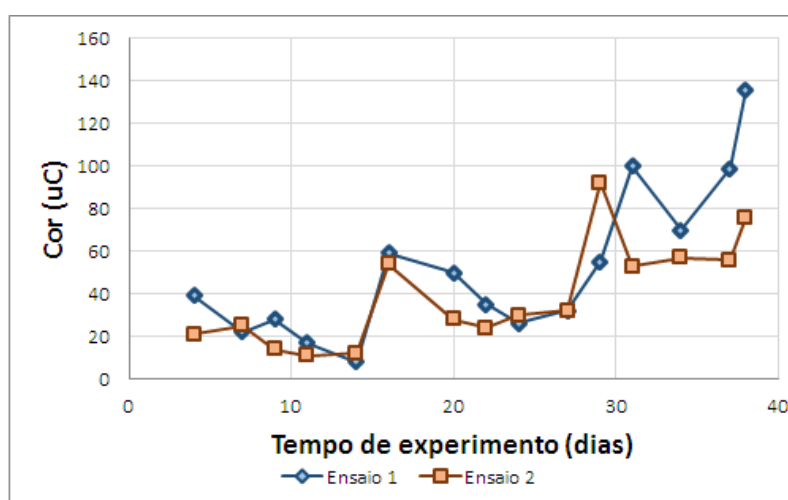
A maior diferença observada foi na primeira medição, sendo uma diferença de concentração de 0,38 mg/L, não sendo uma diferença considerável para o comprometimento do corpo hídrico.

### 5.1.6 Cor

Os sólidos dissolvidos e suspensos são os responsáveis pela coloração da água, de acordo com Sperling (2014), em um corpo d'água essa coloração pode ocorrer pela decomposição de matéria orgânica, principalmente, pelos vegetais. Caso essa coloração seja de origem natural a mesma não apresenta riscos diretos à saúde humana, no entanto seu grau de confiabilidade será contestado pelos consumidores.

Nos testes de cor foi observado que na maior parte do experimento a cor do ensaio 1 se sobressai em relação aos testes do ensaio 2, como pode ser observado no Gráfico 7.

Gráfico 7: Concentração da cor nos ensaios ao longo do experimento



Fonte: próprio autor



Durante o tempo de medição que seguiu do dia 1 até a medição do dia 14, houve uma diminuição da cor devido a decantação dos sólidos que estavam em suspensão na água, como até o presente momento os ensaios não estavam sendo homogeneizados (movimentados), todo o material particulado foi depositado no fundo das caixas dos ensaios. No dia 16 houve um pico da cor nos dois ensaios, tornando a cair logo no ensaio seguinte, os níveis das cores foram diminuindo até o dia 27. As coletas realizadas durante os dias 29 a 38 foram observadas um aumento na cor, esse fato pode ser correlacionado com o período de capinação do local em que foi utilizado para a montagem e teste da técnica, assim como a movimentação dos sólidos que estavam decantados. Como o ensaio 1 tem uma maior superfície de contato com as intempéries do meio, acabou por receber uma maior quantidade de matéria orgânica que o ensaio 2.

Grande quantidade de sólidos pôde ser observado em ambos os ensaios, no entanto a predominância é do ensaio 1. Na Figura 21 pode-se observar uma grande quantidade de sólidos flutuantes presentes no ensaio 1 após 38º dia de experimento (término). Esses sólidos são material orgânico, proveniente da capinação, junto com algas que se desenvolveram ao longo do experimento. Na Figura 22 pode-se observar a ausência de sólidos flutuantes no 38º dia de experimento, pode-se observar também pouca presença de sólidos decantados (fundo do ensaio).

Figura 21: Sólidos presentes no ensaio 1



Fonte: Próprio autor

Figura 22: Sólidos presentes no ensaio 2

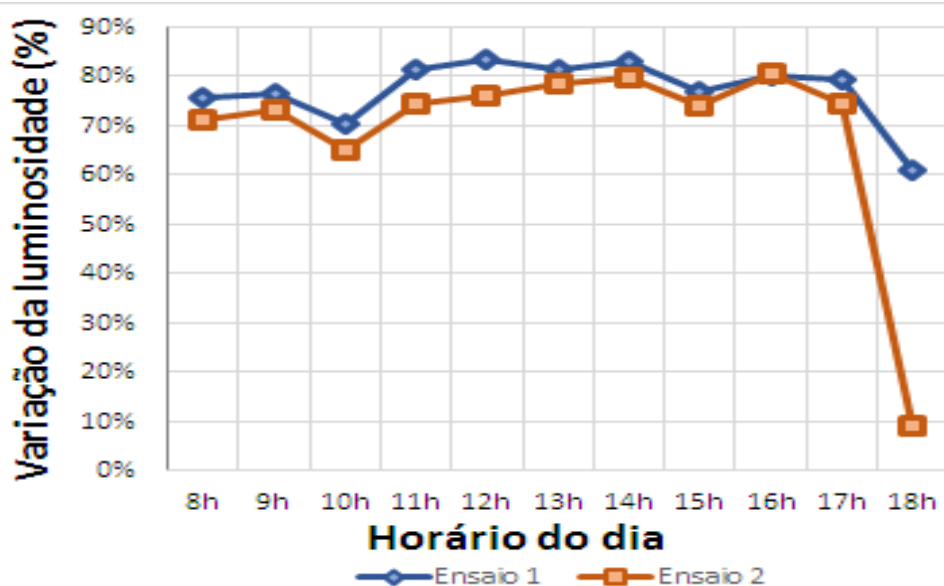


Fonte: Próprio autor

## 5.2 Variação de Luminosidade

Os índices de luminosidade compreendem na quantidade de luz solar que atinge o fundo do reservatório. Os índices do ensaio 1, sempre foram maiores que os índices do ensaio 2, como pode ser observado no Gráfico 8.

Gráfico 8: Média da variação da luminosidade ao longo do experimento



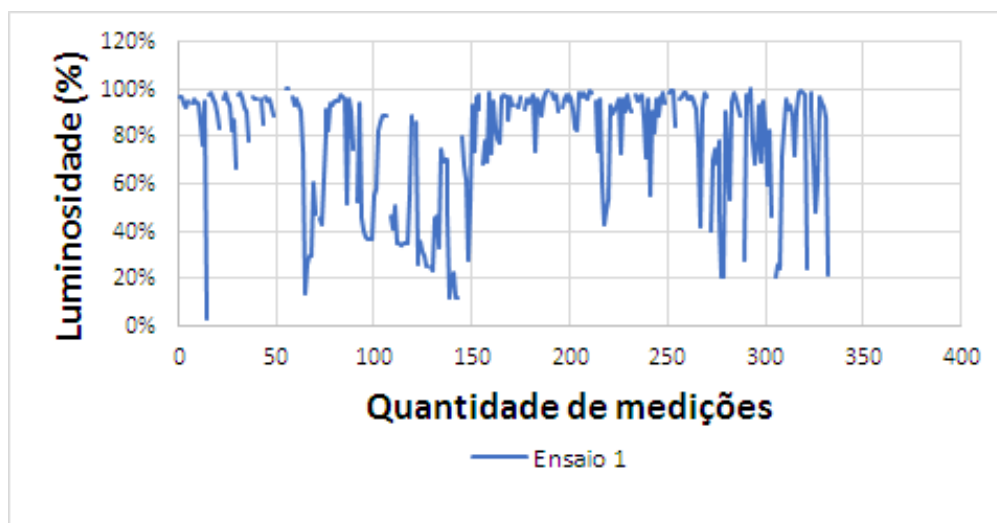
Fonte: Próprio autor

As faixas de luminosidade dos ensaios 1 e 2, são semelhantes. No fundo dos ensaios, que se encontram a aproximadamente 0,5 metros da superfície, a incidência luminosa compreende o intervalo de 60% a 95% durante o dia. Sendo os menores valores captados no turno da noite, que são proveniente da iluminação noturna (postes), sendo que no período da noite não tem-se a incidência de luz solar. Como pode ser observado nos próximos Gráficos 8, 9 e 10.

As taxas de luminosidade foram coletadas através dos sensores. Com os dados foi possível fazer as médias de luminosidade incidida nos ensaios ao longo do dia. Essas falhas nos Gráficos 9 e 10 foram sombras em cima dos sensores ou falha do sensor ao registrar os dados.

Pode-se observar que o índice de luminosidade no ensaio 2 é inferior ao ensaio 1, porém não é um percentual tão baixo de incidência de luz dentro do ensaio. Com essa pequena diferença, não tem-se prejuízos ou alterações no corpo hídrico. Essa redução dos valores do sensor 2, é associado ao horário, nesse horário tem-se pouca ou nenhuma incidência luminosa.

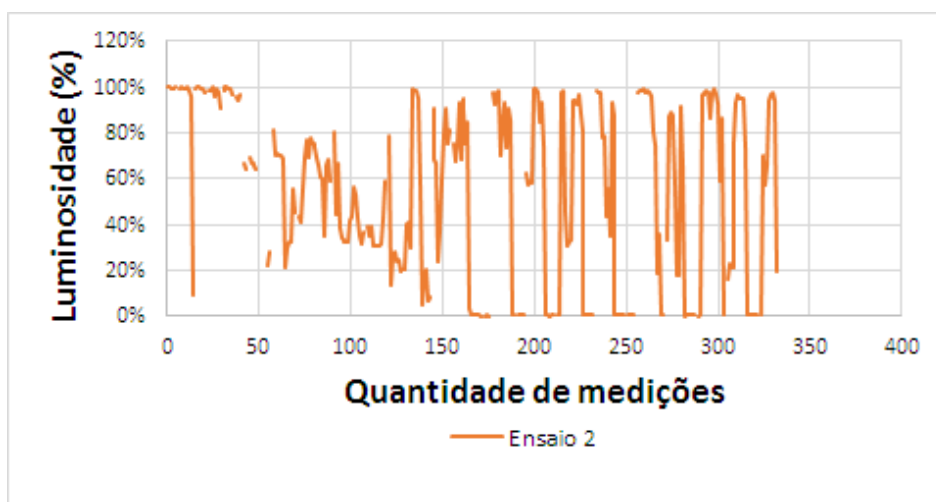
Gráfico 9: Luminosidade no ensaio 1



Fonte: Próprio autor

Pode-se observa que durante as medições da luminosidade do ensaio 1, houve interferência nos sensores, sendo associada a grande quantidade de sólidos suspensos que cobriram o sensor, impedindo a captação do índice de luminosidade pelo sensor. Essas observações podem ser verificadas no Gráfico 9, no período que compreende a faixa de 50 a 150 medições, uma vez que o sensor captava o índice de luminosidade a cada hora.

Gráfico 10: Luminosidade no ensaio 2



Fonte: Próprio autor

A Figura 23 mostra como o sensor ficou com a interferência dos microrganismos, pontos que são característicos da proliferação de algas e da presença de grande quantidade de sólidos totais, é notório que o sensor do ensaio 1 possui uma maior quantidade de material preso ao seu redor. Como o ensaio 1 sempre teve maior quantidade de sólidos isso é uma ocorrência esperada.

Figura 23: Sensor de luz do ensaio 1



Fonte: Próprio autor

A Figura 24 mostra uma redução grande na quantidade de material preso ao sensor em relação ao ensaio 2. O ensaio 2, teve ao longo do experimento uma menor quantidade de sólidos e uma menor proliferação de microrganismos.

Figura 24: Sensor de luz do ensaio 2



Fonte: Próprio autor

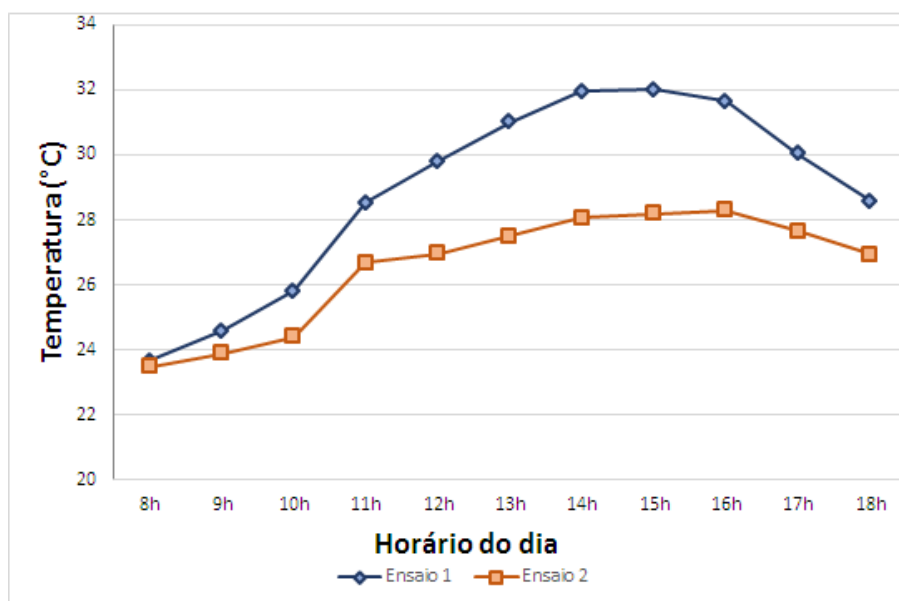
### 5.3 Variação de Temperatura

A variação das temperaturas ao longo dos ensaios foram maiores no ensaio 1, do que no ensaio 2, como pode ser observado no Gráfico 11.

Como a *Shade Balls*, é constituída por um material estável, a mesma evita o seu aquecimento e consequentemente evita que o calor seja transferido para a coluna de água. A temperatura chega a ser 4°C de diferença, do ensaio 1 para o ensaio 2.

Nota-se uma consistência melhor nos dados de temperatura uma vez que os mesmos não apresentam grande faixa de oscilação ao longo do experimento.

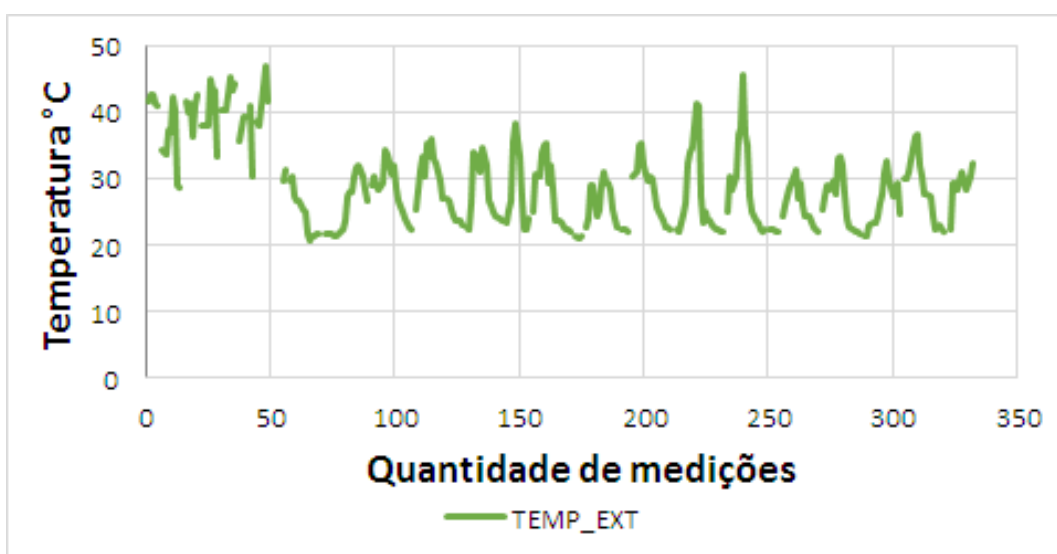
Gráfico 11: variação de temperatura



Fonte: Próprio autor

A temperatura externa também foi medida, através dela a comparação do comportamento dos ensaios é de extrema importância. Os dados coletados referentes à temperatura externa estão expostos no Gráfico 12.

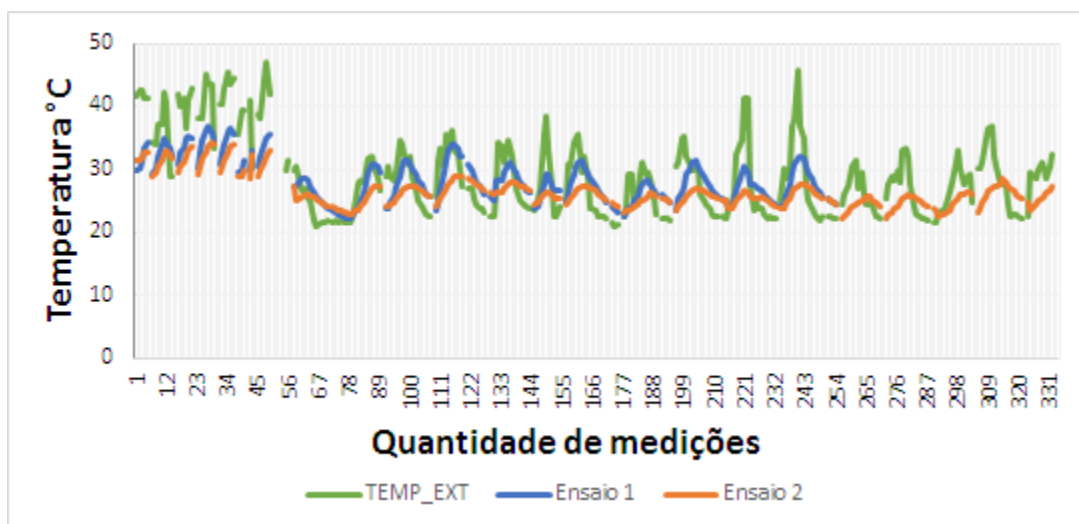
Gráfico 12: Temperatura externa (ambiente)



Fonte: Próprio autor

As temperaturas externas foram maiores do que as temperaturas em ambos os ensaios. Todavia as temperaturas do ensaio 1, sempre foram maiores que as temperaturas no ensaio 2. Como pode ser observado no Gráfico 13.

Gráfico 13: Comparação das temperaturas externas, ensaio 1 e 2.



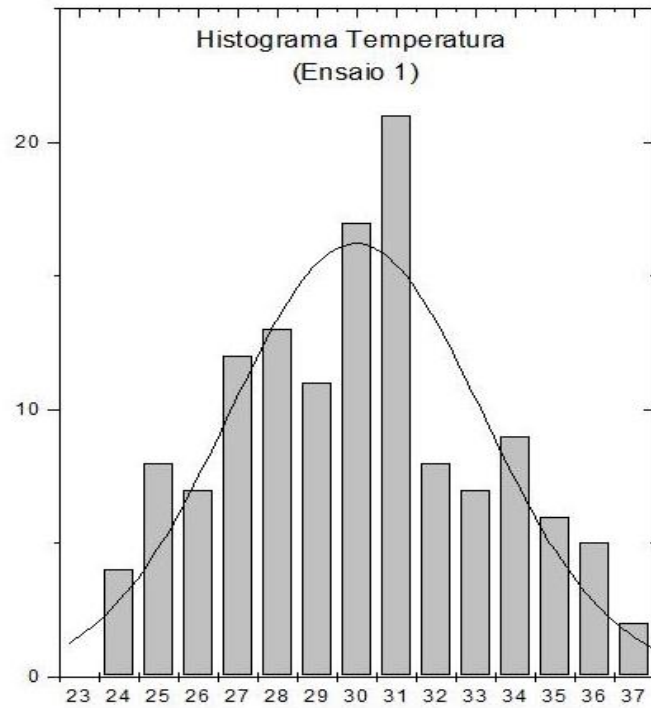
Fonte: Próprio autor

Na comparação das temperaturas, observa-se que as temperaturas externas chegaram a picos de 45°C, como os sensores estavam confinados em uma caixa, pode ter ocorrido o superaquecimento. Após essa observação os sensores foram retirados das caixas e colocados expostos, para que assim coletasse as temperaturas reais do ambiente. As temperaturas do ensaio 1 assemelham-se melhor as temperaturas externas, o que ainda assim é inferior, no entanto as temperaturas interiores são menores, com uma melhor homogeneidade das informações. Como o ensaio 2 tem a superfície coberta, tem-se a mesma incidência solar, no entanto não tem-se a mesma transferência de calor para a água.

Analisando-se os dados de temperatura da água no ensaio 1, verificada pelo histograma e os gráficos de QQ-plot que a temperatura possui distribuição normal. Desta forma, as variações térmicas seguem a normalidade prevista pela variável ambiente. Como pode ser observados nos Gráficos 14 e 15.

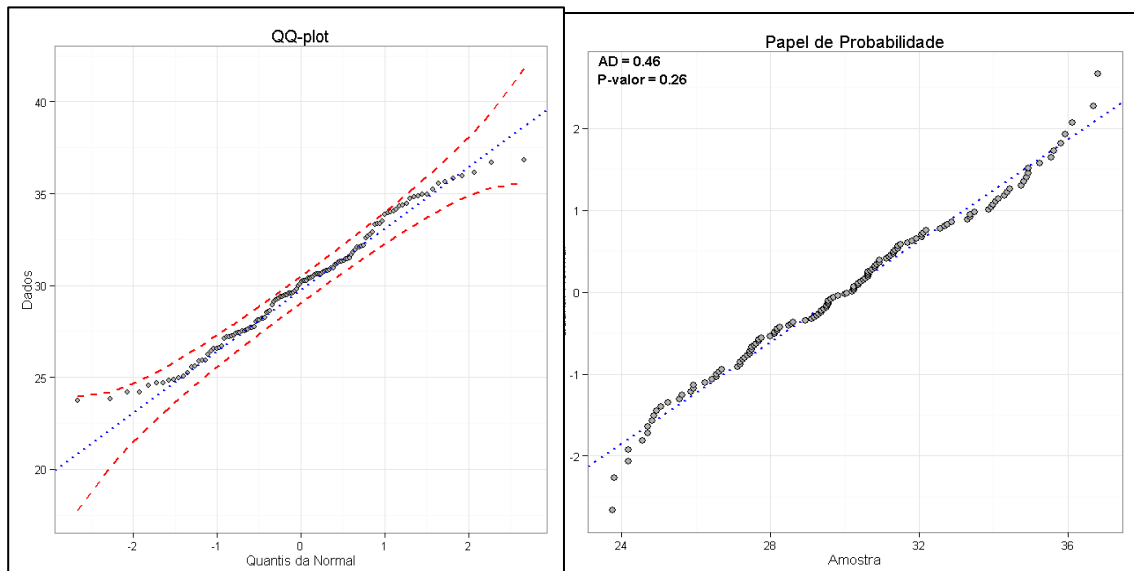


Gráfico 14: Histograma das temperaturas no ensaio 1



Fonte: Próprio autor

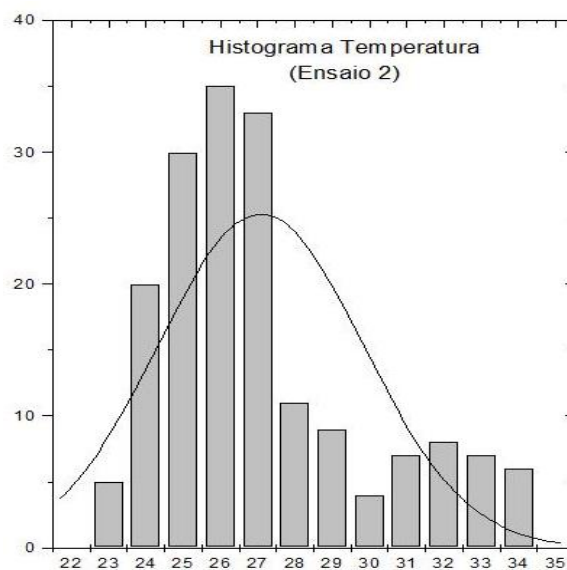
Gráficos 15: QQ-plot das temperaturas no ensaio 1



Fonte: próprio autor

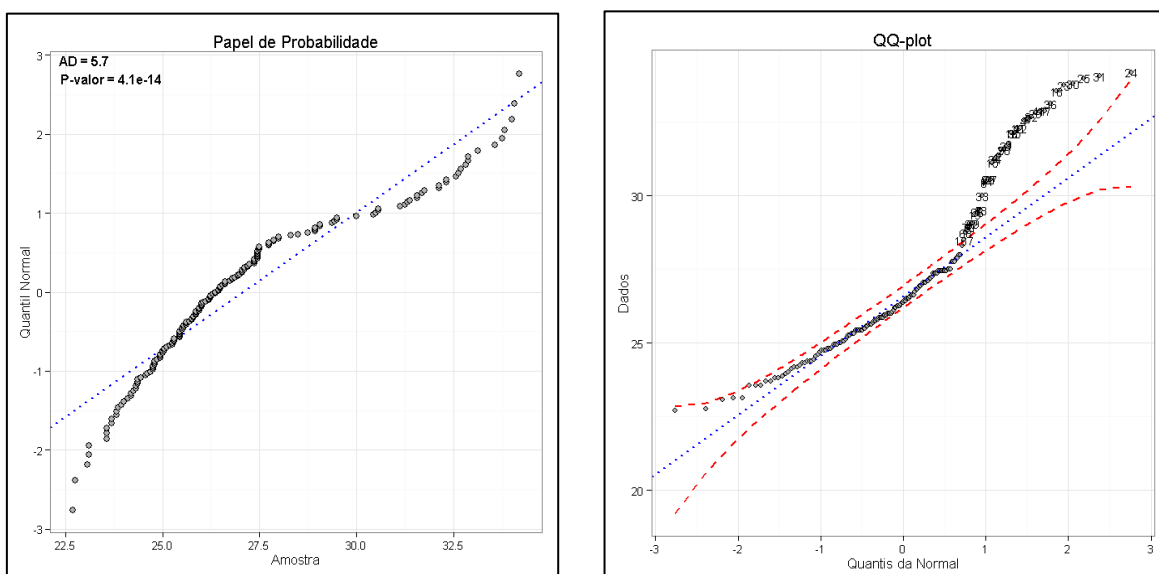
Nos ensaios 2, não é possível afirmar estatisticamente que os dados seguem distribuição normal, pois tanto o histograma e os gráficos QQ-plot indicam uma tendência para temperaturas mais baixas, algo naturalmente esperado para a situação, pois as bolinhas inibem o aumento da temperatura, reduzindo o contínuo aumento da evaporação. Como pode ser observado nos Gráficos 16 e 17.

Gráfico 16: Histograma das temperaturas no ensaio 2



Fonte: Próprio autor

Gráficos 17: QQ-plot das temperaturas no ensaio 2



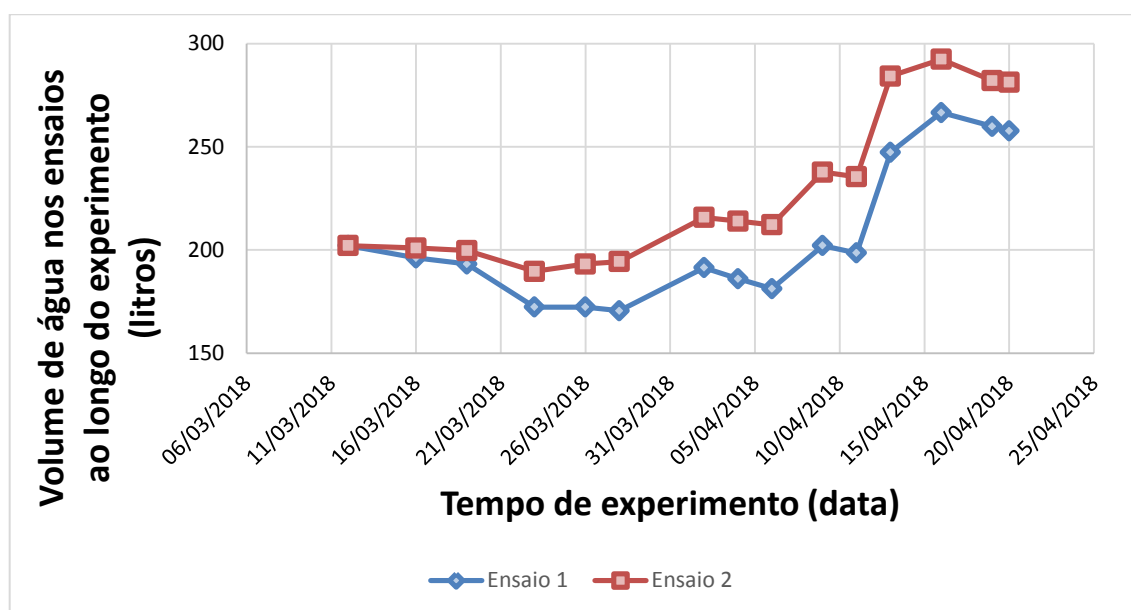
Fonte: Próprio autor

## 5.4 Evaporação

Para a quantificação da evaporação foi levado em conta os dias secos e os dias com chuva, sendo também em consideração à quantidade de amostra retirada para a realização dos testes de laboratório.

Os níveis de água mantiveram-se sempre maior no ensaio 2. Essas taxas sofrem grande influência das temperaturas, o que ocasiona uma maior evaporação, assim diminuindo os níveis de água represada. A diferença no volume de água dos ensaios pode ser observado, conforme o Gráfico 18.

Gráfico 18: Volume de água nos ensaios ao longo do experimento

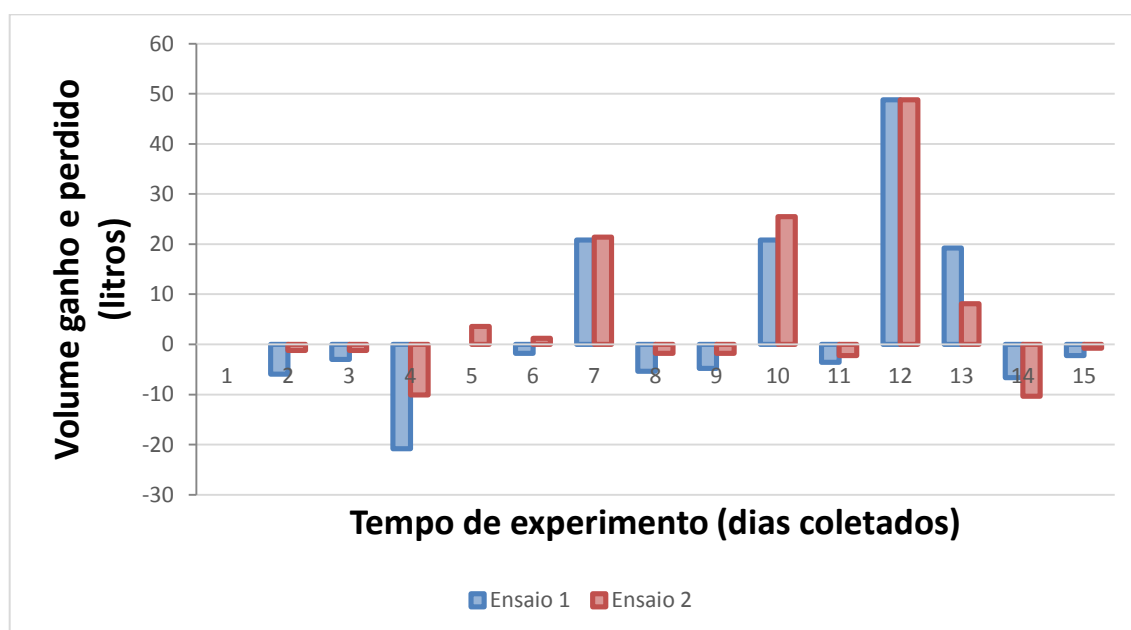


Fonte: própria autoria

A primeira medição teve o mesmo nível de água devido ao início dos testes, que foi no finalzinho da tarde. A segunda medição teve um valor maior, no entanto o experimento ainda não tinha ficado exposto por 24 horas, por isso um índice menor em relação aos demais.

Como ao longo do experimento houve períodos de estiagem e períodos de chuva, houve a influência em todos os dados do trabalho, em ambos os ensaios. Houve desta maneira, períodos em que a água foi perdida para a atmosfera, através da evaporação e outros em os ensaios ganharam a adição de água, através das chuvas. Como pode ser observado no Gráfico 19.

Gráfico 19: volume ganho ou perdido ao longo dos ensaios



Fonte: Próprio autor

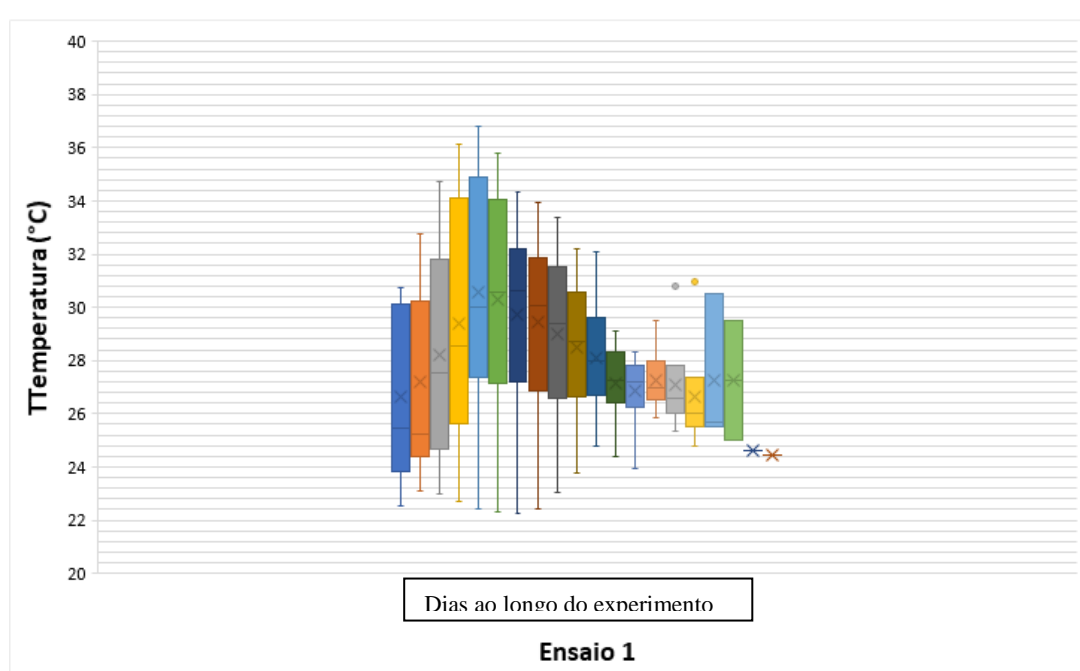
De acordo com o Gráfico 19, o experimento ganhou muita água ao longo de sua exposição, no entanto no que se diz respeito aos níveis de evaporação (perda), pode-se notar que na segunda amostra o ensaio 2 consegue diminuir a evaporação em 87,5% em relação ao ensaio 1. Desta maneira houve diferença maior nos níveis de lamina d'água, como também verifica-se diferença nos volumes ganhos devido a perda da água do ensaio 2, que está relacionado ao transbordamento do mesmo. No dia 14º, também houve diferença no nível de evaporação, pois com a lamina de água perdida não foi possível a medição.

Há momentos em que os ensaios são bem parecidos e até mesmo iguais, a capacidade dos ensaios foi de 310 L, no entanto, como houve muitas chuvas e o

ensaio 2, que compreendia uma maior coluna de água transbordou e esse valor acabou se perdendo. As diferenças nos níveis da coluna de água entre ambos os ensaios é notório, é perceptível que as bolinhas, presentes no ensaio 2 seja capaz de reter água, ou seja de diminuir os níveis de evaporação.

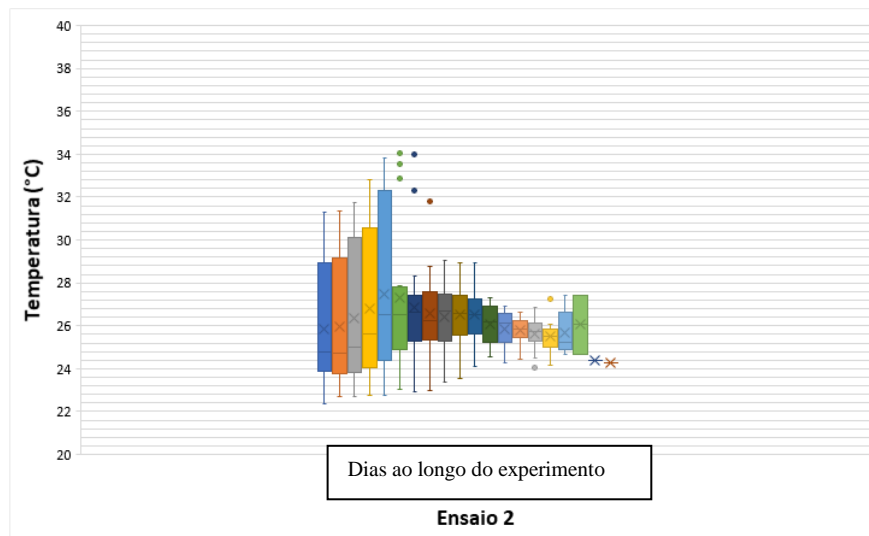
Os Gráficos 20 e 21, nos mostram a variabilidade da temperatura ao longo do experimento em ambos os ensaios. No ensaio 1 as temperaturas são sempre alta, se mantem em uma faixa, em uma constância. No entanto o ensaio 2 apresenta temperaturas amenas, que demonstram uma menor variação, tendo uma menor mudança nas faixas. Abaixo veremos o quantitativo do volume preservado com a técnica *Shade Balls*.

Gráfico 20: Variabilidade da temperatura no ensaio 1



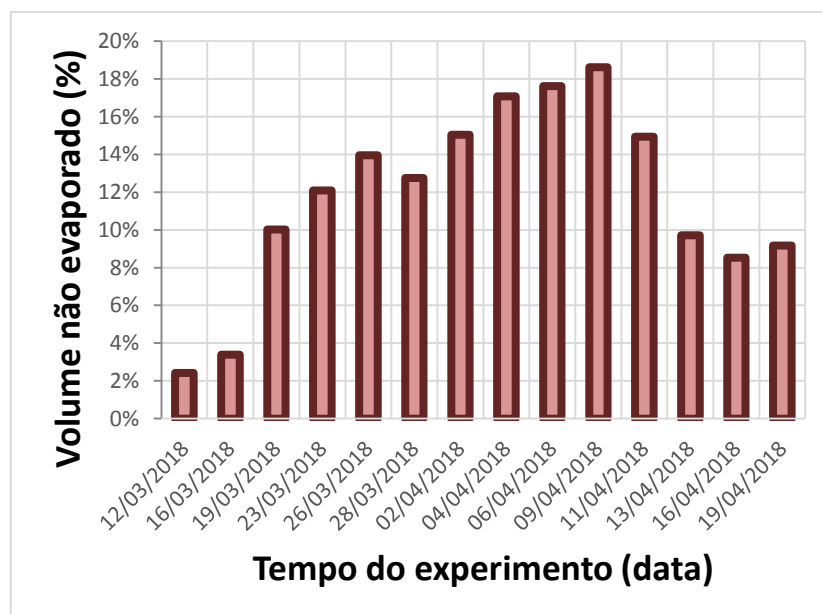
Fonte: Próprio autor

Gráfico 21: Variabilidade da temperatura no ensaio 2



Fonte: Próprio autor

Pode-se verificar no Gráfico 22 que ao longo de todos os dias de experimento houve uma considerável diminuição na evaporação (ensaio 2) quando comparado com o ensaio 1 que não utiliza o *Shade Balls*.

Gráfico 22: Porcentagem de volume não evaporado usando *Shade Balls*

Fonte: Próprio autor

Como no primeiro dia de medição foi no finalzinho da tarde não houve uma diferença significativa no índice de evaporação. Na segunda medição já é obtido um valor de evaporação melhor, se comparado a primeira medição. A medida em que o experimento vai acontecendo é notório a diferença do nível de lamina d'água e a quantidade de evaporação retida é significativa ao longo de todo experimento.

Desta forma vemos que em média 12% (37,2 litros) do volume de água do reservatório seria conservada entre os intervalos de medição com picos de 19%. Em comparação com uma barragem, a barragem do Prata, na mata sul do estado de Pernambuco, possui capacidade de 42.000.000 m<sup>3</sup>. Utilizando a Shade Balls, teríamos uma economia 5.040.000 m<sup>3</sup>, em média. A barragem de Pedro Moura na cidade de Belo Jardim a 57 km de Caruaru, possui capacidade de 30.740.000 m<sup>3</sup>. Utilizando o método proposto nesse trabalho poderia se ter uma reserva de 3.688.800 m<sup>3</sup>. Esse volume é maior que os volumes dos açudes de Duas Serras em Poção-PE (2.032.000 m<sup>3</sup>) e Manuino na cidade de Bezerros-PE (2.021.000 m<sup>3</sup>), Isso ajudaria a população a ter mais água para consumo durante muito mais tempo.

Para que fosse possível toda essa estimativa foi necessário fazer os cálculos do volume da caixa, sendo utilizado como base o calculo de um tronco de cone, em que temos.

$$V = \frac{\pi h}{3} [R^2 + Rr + r^2] \quad (1)$$

onde

$h \rightarrow$  é a altura do tronco de cone.

$R \rightarrow$  é o raio da base maior.

$r \rightarrow$  é o raio da base menor.

O volume foi calculado medindo as dimensões da caixa, fornecidas pelo fabricante, expressa na parte exterior da caixa. Como a caixa tem 3 níveis de espessura, foi calculado o volume de cada nível e desta forma, calculado o volume acumulado.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreender as características climáticas de uma região torna-se algo imprescindível para o desenvolvimento, ambiental, social e econômico. Essas características vão determinar os hábitos e comportamentos da população ao longo de determinadas estações do ano. Ter o domínio de técnicas que possam vir a minimizar os efeitos negativos dos impactos provenientes de eventos naturais, são hoje, fronteiras de estudo com um olhar no futuro da humanidade e da continuidade dos recursos naturais do planeta, estudada pelo mundo inteiro.

Desta maneira, o presente trabalho teve por finalidade, a comprovação da eficiência da adaptação da técnica *Shade Balls* no agreste de Pernambuco. Com os testes em campo, foi comprovada a eficiência para diminuição da evaporação do líquido da superfície, ou seja, a técnica é capaz de diminuir as perdas de água, provocadas pelas altas temperaturas, que predominam nessa região.

Apenas a comprovação da técnica na diminuição da evaporação não seria o suficiente para aplicação da mesma nos corpos d'água. Toda via, os testes de campo foram associados as análises físico-químicos de laboratório. Sendo assim os dados obtidos nas análises, foram capazes de descartar quaisquer interferências consideráveis nos parâmetros testados. Pode-se uma pequena diferença dos resultados do ensaio 1 para os resultados do ensaio 2, no entanto, essa diferença não vem a prejudicar o corpo hídrico.

A qualidade da água no ensaio 1, teve como características a maior concentração dos sólidos, condutividade, cor, pH, OD e em alguns momentos na concentração da DQO. Sendo que as análises físico-químicas no ensaio 2, teve uma menor concentração de sólidos, ou seja, menor concentração de sais, por consequência menor concentração da condutividade, parâmetros que evitam o assoreamento dos corpos d'água e a salinização da água. A cor no ensaio 2, também foi menor, sendo este parâmetro influenciado pela quantidade de sólidos presente na água. Já no que se diz respeito ao pH, foi inferior no ensaio 2, o que é bom, pois o aumento do pH indica a proliferação de microrganismos, geralmente algas. O OD de ambos os ensaios forma bem parecidos, sendo que os ensaios



foram colocados expostos as mesmas condições. No caso da DQO os testes foram bem divididos, no início com predominância do ensaio 1 e no término com predominância do ensaio 2.

Mesmo os resultados, dos testes realizados no ensaio com a técnica, sendo inferiores ao ensaio sem a técnica, os dados não são suficientes para causar interferência no corpo d'água.

Sendo assim, a técnica *Shade Balls* apresenta um ótimo percentual de diminuição da evaporação de água, além de não comprometer a qualidade da água, através dos elementos que compõe a bolinha. A técnica teve um excelente resultado em termos de qualidade e quantidade de retenção da água nos reservatórios, sendo uma inovação para áreas que sofrem com grandes períodos de estiagem. Estudos voltados para o desenvolvimento de novas tecnologias e adaptações de técnicas para a região, como por exemplo, a *Shade Balls*, devem atender as necessidades e acessibilidade da região em questão, possibilitando assim um melhor ajuste de sua eficiência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Francisco Glauber César; Araújo, Flávia Telis de Vilela. **Sistemas de abastecimento em comunidades rurais do semiárido: a implantação do SISAR em Cristais, Cascavel, CE** – 2016. Revista Tecnol. Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 78-86, jun. 2016.

ANDREOLI, Cleverson; ANDREOLI Fabiana de Nadai; DONHA, Annelissa Gobel; KOTINDA, Ana Camila Palma. **A relação qualidade e da quantidade da água no ambiente urbano e rural**. Coleção Agrinho 2014. Disponível em: [file:///C:/Users/Joana/Downloads/30\\_A-relacao-da-qualidade-e-quantidade.pdf](file:///C:/Users/Joana/Downloads/30_A-relacao-da-qualidade-e-quantidade.pdf). Acessado em: 15/08/2017.

ARAÚJO, Flávia Telis de Vilela; NUNES, Ana Bárbara de Araújo; FILHO, Francisco de Assis de Souza. **Desertificação e pobreza: existe um equilíbrio de baixo nível?** - 2014. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 106-119, jan./mar., 2014. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/artigoRenPDF.aspx?cd\\_artigo\\_ren=1424](https://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/artigoRenPDF.aspx?cd_artigo_ren=1424). Acessado em: 23/04/2018.

ASSUNÇÃO, Luiz Márcio, LIVINGSTONE, Ian. **Desenvolvimento inadequado: construção de açudes e secas no sertão do Nordeste** – 1993. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/viewFile/582/7932> .Acessado em 11/09/2017.

AZEVEDO, Paula Schmidt; PEREIRA, Filipe Welson Leal; PAIVA, Sergio Alberto Rupp de. **Água, hidratação e saúde** - 2016. Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição - SBAN. Disponível em: [http://sban.cloudpainel.com.br/source/Agua-HidrataAAo-e-SaAde\\_Nestle\\_.pdf](http://sban.cloudpainel.com.br/source/Agua-HidrataAAo-e-SaAde_Nestle_.pdf). Acessado em: 06/05/2018.

BRASIL. **CONAMA - Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005.

BRASIL - IBGE: **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** - 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acessado em: 10/08/2017.

BRASIL. **Ministério da Integração Nacional** - Reconhecimentos Vigentes - 2012. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/reconhecimentos-realizados>. Acessado em: 10/08/2017.

CAMPUS, José Nilson B. **Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos**. Estudos avançados 28 (82), 2014. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/download/88919/91784>. Acessado em: 15/08/2017.

CAMPUS, Rogério. **Seca no nordeste é considerada a pior dos últimos tempos** - 2013. O Jornal de Todos os Brasis - GGN, São Paulo, 24 de maio de 2013. Entrevista concedida a Fernanda Faustino. Disponível em: <https://jornalggn.com.br/blog/seca-no-nordeste-e-considerada-a-pior-dos-ultimos-tempos>. Acessado em: 05/05/2018.

CARVALHO, Daniel. **Custo da transposição do Rio São Francisco tem um aumento bilionário** – 2018. Folha de São Paulo – poder.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Ciclo hidrológico** - 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>. Acessado em: 17/03/2018.

CASTRO, César Nunes de. **Transposição do Rio São Francisco: análise de oportunidade do projeto** - 2011. Instituto de pesquisa aplicada - IPEA. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1418/1/TD\\_1577.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1418/1/TD_1577.pdf). Acessado em: 03/05/2018.

CAVALCANTE, Zeca. **Relatório final: comissão externa da seca no semiárido nordestino**, 2015. p.158. Disponível em: [http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1418716&filename=REL+1/2015+CEXSECA](http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1418716&filename=REL+1/2015+CEXSECA). Acessado em: 01/05/2018.

CEARÁ - **Governo do Estado do Ceará - Secretaria de Meio Ambiente** - 2017. Disponível em: [www.semace.ce.gov.br/2010/11/que-o-nosso-planeta-esta-coberto-por-70-de-agua/](http://www.semace.ce.gov.br/2010/11/que-o-nosso-planeta-esta-coberto-por-70-de-agua/). Acessado em: 5/08/2017.

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil** – Brasília - 2016.

COUQUEIRO, José da Rocha. **As experiências de captação de água da chuva realizadas pela articulação semiárido brasileira (ASA) nas comunidades Pau Branco e Tanque de Claudiano no município de Riacho de Santana – BA, de 2005 a 2015: limites e possibilidades** – São Paulo, 2016. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/148846/couqueiro\\_jr\\_me\\_ippri.pdf?sequence=3](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/148846/couqueiro_jr_me_ippri.pdf?sequence=3). Acessado em: 15/05/2018.

CURTARELLI, Marcelo Pedroso; ALCÂNTARA, Enner Herenio; ARAÚJO, Carlos Alberto Sampaio de; STECH, José Luiz; LORENZZETTI, João Antônio. **Avaliação da dinâmica temporal da evaporação no reservatório de Itumbiara, GO, utilizando dados obtidos por sensoriamento remoto**. *Ambi-Agua, Taubaté*, v. 8,

n. 1, p. 272-289, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambiagua.1083>.  
Acessado em: 19/04/2018.

DETONI, Terezinha Lucia; DONDONI, Paulo Cezar. **A escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica**. Revista Ciência Administrativa, Fortaleza, v. 14, n. 2 , p. 191-204, dez. 2008. Disponível em: <http://periodicos.unifor.br/rca>. Acessado em: 15/08/2017.

EUA - Los Angeles Department of Water e Power. **Los Angeles: Reservoir shade ball cover – fact sheet – 2015**.

FAGUNDES, João Paulo Rocha, ANDRADE, Alcilene Lopes de Amorim . **POÇOS ARTESIANOS : uma reflexão na perspectiva da sustentabilidade – 2015**. Disponível em: [http://www.unipacto.com.br/revista2/arquivos\\_pdf\\_revista/revista2015/18.pdf](http://www.unipacto.com.br/revista2/arquivos_pdf_revista/revista2015/18.pdf).  
Acessado em: 11/09/2017.

FARIAS, Maria Mariah Monteiro Wanderley Estanislau Costa de. **Aproveitamento de águas de chuva por telhados: aspectos quantitativos e qualitativos – 2012**. Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental – Caruaru. Disponível em: <https://www3.ufpe.br/ppgecam/images/documentos/2013/dt1mariah.pdf>. Acessado em: 20/04/2018.

FERNANDES, Alan. **Entenda as coordenadas geográficas – 2012**. Espaço novo da geografia. Disponível em: <http://alankardeckmadrifernandes.blogspot.com/2012/>.  
Acessado em: 20/04/2018.

GEBELHOFF, Robert. **Plastic 'shade balls': The hypnotizing tool California is using to save water.** The Washington Post, Washington, 12 agosto. 2015. Disponível em: <<https://www.washingtonpost.com/news/morning-mix/wp/2015/08/12/plastic-shade-balls-the-hypnotizing-tool-california-is-using-to-save-water/>>. Acessado em: 19/04/2015.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. **Água: sem ela seremos o planeta marte de amanhã** - 2011. Disponível em: [http://webmail.cnpma.embrapa.br/down\\_hp/464.pdf](http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf). Acessado em: 17/03/2018.

GOUVER, Hércules Alan Carlotto; SANTOS Leidmar Alves Dos; CARDOSO, Fernando Henrique; SOUSA, Ricardo Douglas de. **A relevância do tema água no ensino de ciências** - 2015. Revista Monografias Ambientais - REMOA. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria Ed. especial IFMT - Licenciatura em Ciências da Natureza - v.14, 2015, p.157-171 e-ISSN 2236 1308 - DOI:10.5902/2236130820451. Disponível em: <file:///C:/Users/Joana/Downloads/20451-96049-2-PB.pdf>. Acessado em: 02/03/2018.

GRASSI, Marco. **Qualidade da água consumida pelos Brasileiros: Oficina do eixo meio ambiente, clima e vulnerabilidades** - 2013. Disponível em: <http://www.mobilizadores.org.br/wp-content/uploads/2014/05/cartilha-agua-final.pdf>. Acessado em: 20/03/2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2014: working group II: Impacts, adaptations and vulnerability.** Disponível em: <https://www.ipcc.ch/index.htm>. Acesso em: 10/05/2018.

JACOBI, Pedro Roberto; CIBIM, Juliana; LEÃO, Renata de Souza. **Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil** – 2015. Estud. av. vol.29 no.84 São Paulo May/Aug. 2015. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142015000200027](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142015000200027). Acessado em: 20/08/2018.

MALANDRINO, André Gutierrez; GUERR, Daniel Nabhan; GONÇALVES, Guilherme; MARIANI, Marco; GONSALEZ; Veronica. **Bolas de sobra: análise da tecnologia** – 2015. PHA2537 – Água em Ambientes Urbanos.

MAGALHÃES, Antonio Rocha. CGEE: **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - Secas no Brasil: Política e Gestão Proativas**, Brasília - 2016. Disponível em: [https://www.cgEE.org.br/documents/10182/734063/seca\\_brasil-web.pdf](https://www.cgEE.org.br/documents/10182/734063/seca_brasil-web.pdf). Acessado em: 25/08/2017.

MARENCO, José A. **mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil** – 2009. Disponível em: [http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS\\_MudancasClimaticas.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf). Acessado em: 13/03/2018.

MARENCO, José A.; CUNHA Ana P.; ALVES, Lincoln M. **A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico**. Novembro, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/311058940\\_A\\_seca\\_de\\_2012-15\\_no\\_semiarido\\_do\\_Nordeste\\_do\\_Brasil\\_no\\_contexto\\_historico](https://www.researchgate.net/publication/311058940_A_seca_de_2012-15_no_semiarido_do_Nordeste_do_Brasil_no_contexto_historico). Acessado em: 23/08/2017.

MARION, Cristiano Vinícios. **A questão ambiental e suas problemáticas atuais: uma visão sistemática da crise ambiental**, 2013. Universidade Federal de Santa

Maria - RS. 2º congresso internacional de direito e contemporaneidade, ISSN 2238-9121. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/congressodireito/anais/2013/5-4.pdf>. Acessado em: 03/05/2018.

MELLO, Carlos R. de; SILVA, Antônio M. da. **Modelagem estatística da precipitação mensal e anual e no período seco para o Estado de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, n. 1, p. 68-74, 2009.

MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzane. **Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana** - 2002. Revista Saúde Pública 2002;36(3):370-4.

MORAIS, Carlos Magno de M. **Água e Semiáridos: Estratégias de Resistência Camponesa** - 2014. Disponível em: [http://www.asabrazil.org.br/images/UserFiles/File/Agua\\_e\\_Semiaridos\\_Estrategias\\_de\\_Resistencia\\_Camponesa\\_artigoCarlosMagno.pdf](http://www.asabrazil.org.br/images/UserFiles/File/Agua_e_Semiaridos_Estrategias_de_Resistencia_Camponesa_artigoCarlosMagno.pdf). Acessado em: 25/08/2017.

MOREIRA, Roberto. **A história das secas no Nordeste** - 2017. Disponível em: <http://blogs.diariodonordeste.com.br/robertomoreira/seca/historia-das-secas-no-nordeste/>. Acessado em: 25/08/2017.

MULLER, Luana Caroline; SOUZA, William Da Silva De; CARLS, Jéssica Luana; SOUZA, Camila Mertz; DARONCO, Giuliano Crauss. **SHADE BALLS – Uma maneira criativa de evitar a seca na Califórnia**. Salão do conhecimento - Ciência aumentando o Brasil, UNIJUÍ - Universidade Regional - 2016. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaokonhecimento/article/viewFile/7258/6024>. Acessado em: 25/08/2017.



Observatório Histórico Geográfico. **Ciclo hidrológico** – São Paulo (2016).

OLIVEIRA, Alan Martins de; ROCHA, Amanda Suianny Fernandes; MARTINS, Jacqueline Cunha de Vasconcelos. **Viabilidade socioambiental de poços artesanais movidos à energia solar em comunidade rural do Rio Grande do Norte** – 2015. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Porto Alegre/RS – 23 a 26/11/2015 IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais.

OLIVEIRA, Amilton Mendes de; RIOS, Márcio Lima. **A degradação das águas do rio itapicuruzinho: o olhar da população residente do povoado itapicuru** - 2013. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 1.

OLIVEIRA, Evaldo Vieira de. **Meteorologia aplicada** - 2014. Rede e-tec Brasil - Recife - PE. Disponível em: [http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifpe/tecnico\\_sistemas\\_energia\\_renovavel/artes\\_meteorologia\\_aplicada.pdf](http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifpe/tecnico_sistemas_energia_renovavel/artes_meteorologia_aplicada.pdf). Acessado em: 20/04/2018.

OLIVEIRA, Josiéle Madeira de. **Qualidade da água superficial em microbacias com diferentes usos de solo no município de Itaara** – RS - 2016. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppggeo/images/dissertacoes/Dissertacao%20Josiele%20Madeira%20de%20Oliveira.pdf>. Acessado em: 06/04/2018.

OLIVIO, Andréia de Menezes; ISHIKI, Hamilton Mitsugu. **Brasil frente à escassez de água**. Colloquium Humanarum, Presidente Prudente, v. 11, n. 3, p.41-48, set/dez 2014. DOI: 10.5747/ch.2014.v11.n3.h170. Disponível em: <http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ch/article/viewFile/1206/1279>. Acessado em: 20/03/2014.

PALHARES, Julio Cesar Pascale. **Captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal**, 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1050541/1/documentos122.pdf>. Acessado em: 12/09/2016.

PAN-Brasil: **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca** – 2005. Ministério do Meio Ambiente.

PEDROSO, Deise Raupp; RAUBER, Patricia. **Ações mitigatórias: Evaporação em reservatórios**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS - 2017. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/29635336/hidrologia---evaporacao-em-reservatorios>. Acessado em: 5/08/2017.

PEREIRA JÚNIOR, Carlos; BARBOSA, Antonio Carlos Leite; PEREIRA, Francisco Carlos; CARVALHO, Carla Caroline Alves. **IMPLANTAÇÃO DE CISTERNAS NO COMBATE À SECA: UM ESTUDO DE CASO NAS COMUNIDADES RURAIS DE PORTALEGRE-RN/BRASIL**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC' 2015 Centro de Eventos do Ceará - Fortaleza - CE 15 a 18 de setembro de 2015. 72º SOEA - Semana Oficial de Engenharia e de Agronomia.

PERNAMBUCO - APAC: **Agência Pernambucana de Águas e Climas** - 2017. Disponível em: [http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page\\_id=5](http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5). Acessado em: 05/08/2017.

PERNAMBUCO. Agência Pernambucana de Águas e Climas - APAC. **Boletim do clima: síntese climática** – 2016. Disponível em: [http://www.apac.pe.gov.br/arquivos\\_portal/boletins/Boletim%20climatico%20-%20Julho-2016.pdf](http://www.apac.pe.gov.br/arquivos_portal/boletins/Boletim%20climatico%20-%20Julho-2016.pdf). Acessado em: 10/05/2018.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Mario Takayuki. **Qualidade das águas e poluição: Aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES, 2005. P. x – 285.

PORTO, M.F.A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. de. **Caracterização da qualidade de água**. In: BRANCO, S.M. Hidrobiologiambiental. São Paulo: ABRH, 1991. 230p.

RUFINO, Renata; GRACIE, Renata; SENA, Aderita; FREITAS, Carlos Machado de; BARCELLOS, Christovam. **Surtos de diarreia na região Nordeste do Brasil em 2013, segundo a mídia e sistemas de informação de saúde – Vigilância de situações climáticas de risco e emergências em saúde**. DOI: 10.1590/1413-81232015213.17002015. Ciência & Saúde Coletiva, 21(3):777-788, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v21n3/1413-8123-csc-21-03-0777.pdf>. Acessado em: 22/03/2018.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais | Apêndice D - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade** - 2005. Disponível em: <https://www.google.com.br/search?q=significado+de+cetesb&oq=significado+de+cetesb&aqs=chrome..69i57j69i60.5053j0j1&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. Acessado em: 08/05/2018.

SILVA, Andreza Karla de Oliveira; SILVA, Helena Paula de Barros. **O processo de desertificação e seus impactos sobre os recursos naturais e sociais no município de Cabrobó** - 2015. PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP, Macapá, v. 8, n. 1, p. 203-215, jan.-jun. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/pracs/article/viewFile/1315/andrezzav8n1.pdf>. Acessado em: 07/05/2018.

SILVA, Hernande Pereira da. **Mapeamento das áreas sob risco de desertificação no semiárido de Pernambuco a partir de imagens de satélites** - 2009. 153 f. : il. Disponível em: [http://ww3.pgs.ufrpe.br/sites/ww3.pgs.ufrpe.br/files/documentos/hernande\\_pereira\\_da\\_silva\\_0.pdf](http://ww3.pgs.ufrpe.br/sites/ww3.pgs.ufrpe.br/files/documentos/hernande_pereira_da_silva_0.pdf). Acessado em: 06/05/2018.

SERRETI, Marco Túlio; MARTINS, Ricardo Cristiano; ALVES, Fabiana. **Influência da impermeabilização no ciclo hidrológico da cidade de Belo Horizonte/MG** - 2015. Revista PETRA, v. 1, n. 2, p. 311-327, ago./dez. 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Joana/Downloads/952-2744-2-PB.pdf>. Acessado em: 17/03/2018.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (Ed.). **Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University, 2007. 996p. Disponível em: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html). Acessado em: 10/05/2018.

SOUSA, José Anderson de; RIBEIRO, Emerson. **Transposição do rio São Francisco e seus efeitos sobre o território** – 2004. VII Congresso Brasileiro de Geógrafos, Anais ISBN: 978-85-98539-04-1.

SUASSUNA, João – Engº Agrônomo e Pesquisador da Fundação Joaquim Nabuco. **SEMI-ÁRIDO: proposta de convivência com a seca**, 2002. Disponível em: [http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com\\_content&id=659&Itemid=376](http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=659&Itemid=376) Acessado em: 12/09/2017.

SUASSUNA, João – Engº Agrônomo e Pesquisador da Fundação Joaquim Nabuco. **Transposição das água do Rio São Francisco: planejar é preciso**. Recife,

setembro de 2001. Disponível em:  
[http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com\\_content&id=661&Itemid=376](http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=661&Itemid=376).  
Acessado em: 01/05/2018.

TRAJANO JÚNIOR, Gilbrando Medeiros. **Perdas por evaporação no eixo norte do projeto de integração do Rio São Francisco** - 2017. Disponível em:  
[https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/4192/1/TCC\\_2\\_final.pdf](https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/4192/1/TCC_2_final.pdf).  
Acessado em: 19/04/2018.

TOMERLIN, C. **Made in the shade. Opflow: American Water Works Association, Denver, Co - Usa**, v. 8, p.10-13, agosto de 2008. Disponível em:  
<<http://www.awwa.org/publications/opflow/abstract/articleid/18352.aspx>>. Acesso em: 10/05/2018.

TUCCI, Carlos E. M.; MENDES, Carlos André. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica** / Ministério do Meio Ambiente / SQA. – Brasília: MMA, 2006. 302 p. SBN 85-7738-047-5. Disponível em:  
[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/sqa\\_3.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf). Acessado em: 18/03/2018.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro** – Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 76 p.: 25 cm. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-5923.pdf>. Acessado em: 13/04/2018.

UNESCO, **Encarando os desafios estudos de caso e indicadores**. Relatório Mundial sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, Ed. Verdegraf, Curitiba, Paraná, Brasil, 78 p., 2016. Disponível em:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244035por.pdf>. Acessado em: 28/04/2018.

VICTORINO, Célia Jurema Aito. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos** - Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. Disponível em: <https://www.pucrs.br/edipucrs/online/planetaagua.pdf>. Acessado em: 19/03/2018.

VON, Marcos Sperling. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2007. 588 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; V. 7).

VON, Marcos Sperling. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed. Belo Horizonte: Editora EFMG, 2014. 472 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; V. 1).

WOLKMER, Maria de Fátima S.; PIMMEL, Nicole Freiberger. **Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental** - 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055.2013v34n67p165>. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/seq/n67/07.pdf>. Acessado em: 02/03/2018.