



Gray water reuse system from air conditioners for non-potable purposes: case study applied at the Secretary of State of Finance - SEFAZ headquarters building in the city of Manaus-AM

Fransoermes Torres Lima¹, Edson Andrade Ferreira², David Barbosa de Alencar³, Jorge de Almeida Brito Junior⁴, Carlos Alberto Oliveira de Freitas⁵, Manoel Henrique Reis Nascimento⁶

¹Master's student-Northern University Center UNINORTE -Manaus-AM.

²Master's Advisor University Center UNINORTE -Manaus-AM.

^{3,4,5,6}Research Department, Institute of Technology and Education Galileo of the Amazon (ITEGAM).

Email: torres.edificacoes@gmail.com, edson.ferreira@uninorte.com.br, david002870@hotmail.com, jorgebritojr@gmail.com, caofreitag@gmail.com, hreys@itegam.org.br

ABSTRACT

Received: July 29th, 2018.

Accepted: August 15th, 2018.

Published: September 30th, 2018.

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Due to the abundance of waters in the North region, the rational use of this resource goes unnoticed by the population. This situation occurs because the population is growing disorderly and each year as a consequence much of the existing fresh water is being contaminated by industrial, domestic and other activities. To do this, it must be used in a sustainable way so that it can meet the needs, guaranteeing the capacity to serve future generations. Faced with this, the question arises: Will condensed gray water between different thermal capacities of the air conditioners contribute one day to the rational reuse of sidewalks and gardens? Therefore, the objective is to analyze the economical and constructive viability of the use of gray water coming from air conditioners and to design a collection and storage system for non-potable purposes applied to the irrigation of the vegetation of the building, cleaning pants and sewage. Applied in the secretary of state of the farm - SEFAZ headquarters building in the city Manaus - AM. With the result, it is observed that the reuse of condensed water from the air-conditioning system, since a monthly production of 4,332.00 L per month of water from these condensers is made possible, it is reasonable to install a system of abstraction.

Keywords: Water reuse, sustainable, air conditioning.

Sistema de reuso de água cinza proveniente de aparelhos de ar condicionados para fins não potáveis: Estudo de caso aplicado na Secretária de Estado da Fazenda – SEFAZ prédio Sede na cidade de Manaus-AM

RESUMO

Devido a abundância de águas na região Norte, o uso racional desse recurso passa despercebido pela população. Essa situação ocorre devido a população está crescendo desordenadamente e a cada ano como consequência grande parte da água doce existente está sendo contaminada por atividades industriais, doméstico e outros. Para isso deve-se utilizar de forma sustentável para que seja capaz de suprir as necessidades, garantindo a capacidade de atender as futuras gerações. Perante isso surge o questionamento: Será que água cinza condensada entre diferentes capacidades térmicas dos equipamentos condicionadores de ar contribuirá um dia para o reaproveitamento racional para limpeza de calçadas e jardins? Diante disso o objetivo é analisar a viabilidade econômica e construtiva do aproveitamento de água cinza proveniente de aparelhos de ar condicionado e dimensionar um sistema de coleta e armazenamento, para fins não potáveis aplicados à irrigação da vegetação do prédio, limpeza de calças e esgoto. aplicado na secretária de estado da fazenda – SEFAZ prédio sede na cidade Manaus - AM. Com o resultado observa-se que o reaproveitamento de

água condensada de sistema de condicionadores de ar, visto que por mês é produzido 4.332,00 L/Mês de água provinda desses condensadores, torna-se viável a instalação de um sistema de captação.

Palavras – chave: Pavimento, temperatura ambiente, temperatura superficial.

I INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação a respeito da preservação do meio ambiente. Alerta [1]:

“Nossa sociedade necessita incrementar mudanças nos hábitos e desenvolver estilos de vida sustentáveis, através de novos conhecimentos e tecnologias e trazer maior proteção ao meio ambiente”.

A água é um recurso essencial na produção da maioria dos bens e serviços, incluindo alimentos, energia e manufaturados. O abastecimento de água (em quantidade e qualidade), no local onde o usuário precisa, deve ser confiável e previsível, para apoiar investimentos financeiramente sustentáveis em atividades econômicas. Bons investimentos em infraestrutura e gestão, que sejam adequadamente financiados, operados e mantidos, facilitam as mudanças estruturais necessárias para promover avanços na economia. Muitas vezes isso significa melhoria na renda, possibilitando aumentar os gastos com saúde e educação, reforçando a dinâmica de auto-sustentabilidade do desenvolvimento econômico. [2].

A construção civil tem grande participação na sustentabilidade. Grande parte da energia produzida no planeta está diretamente relacionada com o processo construtivo. Uma obra sustentável leva em conta o processo na qual o projeto é concebido, quem vai usar os ambientes, quanto tempo terá sua vida útil e se, depois desse tempo todo, ela poderá servir para outros propósitos ou não. Tudo o que diz respeito aos materiais empregados nela devem levar em conta a necessidade, o desperdício, a energia gasta no processo até ser implantado na construção e, depois, se esses materiais podem ser reaproveitados [3].

Dentro desta perspectiva, o uso racional da água pode ser entendido como a otimização de seu uso, sendo feitas as seguintes ações operacionais no sistema: atuação e controle. Ainda, as ações que visam o uso racional podem ir desde um nível macro, a um nível micro e podem ser do tipo econômicas, sociais, administrativas ou tecnológicas [4].

- *Ações econômicas: incentivos e desincentivos econômicos;*
- *Ações sociais: campanhas educativas e de conscientização dos usuários;*
- *Ação tecnológicas: substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água, implantação de sistemas de medição setorizada do consumo de água, detecção de vazamentos;*

A água que goteja dos drenos dos condicionadores de ar, quando não é armazenada corretamente, pode acarretar problemas como danos estruturais nas edificações, incomodo aos pedestres devido ao gotejamento nas calçadas e formação de focos de procriação do mosquito *Aedes Aegypti*. No entanto, a água que antes era um inconveniente, pode ser coletada e reutilizada, reduzindo assim a demanda de água sobre os corpos hídricos [5].

Apesar do reaproveitamento da água de drenagem dos aparelhos de ar condicionado pode não ser de grande vulto com vistas ao volume, mas é de suma importância para consolidação da consciência ecológica dos usuários, muito embora sendo constatada a potabilidade dessa água, a vazão que emana desses aparelhos pode suprir a necessidade de repartições públicas, instalações comerciais e outras, quanto ao consumo humano [6].

Com isso o racionamento da água segundo Bernardi [7] está inserido na perda da eficiência no seu ciclo hidrológico e assim alertam para a exploração irracional dos mananciais sobre os riscos de esgotamento dos recursos hídricos nos próximos anos, para isso é necessário o uso racional desse bem precioso. Diante disso surge o questionamento: Será que água cinza condensada entre diferentes capacidades térmicas dos equipamentos condicionadores de ar contribuirá um dia para o reaproveitamento racional para limpeza de calçadas e jardins?

Com o exposto, o objetivo geral é analisar a viabilidade econômica e construtiva do aproveitamento de água cinza proveniente de aparelhos de ar condicionado e dimensionar um sistema de coleta e armazenamento aplicado na secretária de estado da fazenda – SEFAZ prédio sede na cidade de Manaus-AM. Desta forma o método de pesquisa utilizado constituiu por um estudo de caso para análise da viabilidade do aproveitamento da água dos aparelhos de ar condicionado para fins não potáveis aplicados à irrigação da vegetação do prédio, limpeza de calças e esgoto.

De acordo com o estudo de caso observa-se que o reaproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar, visto que por mês é produzido 4.332,00 L/Mês de água provinda desses condensadores, torna-se viável a instalação de um sistema de captação.

II DESENVOLVIMENTO

II.1 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

A construção sustentável tem papel fundamental no desenvolvimento e incentivo de toda uma cadeia produtiva que possa alterar seus processos para um foco mais ecologicamente correto, de forma a reverter o quadro de degradação ambiental e poluição [8].

Uma construção sustentável tem início na concepção do projeto, que procura utilizar os recursos da natureza, procedendo ao estudo da insolação e do clima da região para a otimização da energia elétrica e conforto ambiental da construção. Além disso, deve-se atentar à escolha dos materiais, para que sejam: duráveis, menos agressivos, cuja obtenção cause impacto mínimo, e que sejam recicláveis ou reaproveitáveis [9].

Para Araújo [10], construção sustentável é um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, de forma a atender as necessidades de edificação, habilitação e uso do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras. A visão de construção sustentável vem se modificando e

aprofundando desde seus primórdios, em 1973, ano da crise do petróleo, de maneira análoga aos organismos vivos quando submetidos a pressões para adequar-se e sobreviver.

A sustentabilidade do sector da construção depende de uma mudança profunda na forma como os recursos são utilizados: passando de energias não renováveis para energias renováveis. Por isso Chaves [11] considera que a construção sustentável só pode ser atingida numa perspectiva que englobe todo o ciclo de vida do ambiente construído, como:

- Redução do consumo de recursos;
- Reutilização dos recursos o máximo possível;
- Reciclar os resíduos da demolição e sempre que possível utilizar materiais reciclados;
- Proteger os sistemas naturais e o funcionamento de todas as suas atividades;
- Eliminar todos os materiais tóxicos em todas as fases do ciclo de vida;
- Incorporar o custo total nas decisões económicas;
- Promover a qualidade em todas as fases do ciclo de vida do ambiente construído.

Diante disso a construção sustentável reflete a sustentabilidade nas práticas das atividades construtivas e nos dias atuais a sociedade reconhece a necessidade deste tipo de ação, porém o que ainda dificulta a adoção dessas técnicas principalmente pelas empresas menores é na maioria dos casos é o custo elevado [12].

II.2 REÚSO DE ÁGUA

O reúso pode ser definido como uso de água residuária ou água de qualidade inferior tratada ou não. O artigo 2º da Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH possui as seguintes definições [13]:

Tabela 1: definições dos reúsos de água

Água residuária:	Reúso de água:	Água de reúso:	Reúso direto de água:
Esgoto	Utilização de água residuária	Água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;	Uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;
Água descartada			
Efluentes líquidos de edificações			
Indústrias			
Outros			

Fonte: Adaptado de [13].

Quanto ao reúso de águas residuárias existe a possibilidade de utilização de águas cinza. Considera-se águas cinza aquelas derivadas dos chuveiros, lavatórios de banheiro, banheiras, tanques, máquinas de lavar roupas e lavagem de autos, sejam de uso doméstico ou comercial. O reúso da água traz benefícios para quem o utiliza e para toda a sociedade, isso pode se dizer que é uma preocupação com a sustentabilidade natural [14].

Macintyre [15] ressalta que "Águas Cinzas" são efluente da coleta e armazenamento das águas residuárias originadas de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas e tanques de lavar roupas e pias de cozinha, para reutilização em diferentes propósitos. Vaccari [16] observam que as águas cinzas não possuem potabilidade e não podem ser reutilizadas para a mesma finalidade anterior, salvo, após tratamento e desinfecção, devido à concentração de resíduos de detergentes, sabonetes, gorduras, cabelos, células mortas do corpo humano, etc. De acordo com PIZZO [17], água cinza para reúso é o efluente doméstico que não possui contribuição da bacia sanitária e pia de cozinha, ou seja, os efluentes gerados pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas.

Para que o reúso de água recuperada de águas de cinzas possa ser aplicado de forma sustentável e eficiente um conjunto de fatores precisa ser atendido. Os principais fatores requeridos, que são de natureza técnica e/ou legal, podem ser vistos na figura 1. Na maioria das vezes, esses fatores são analisados após as condições sociais econômicas e ambientais envolvidas na implantação do reúso serem atendidas com segurança [18].

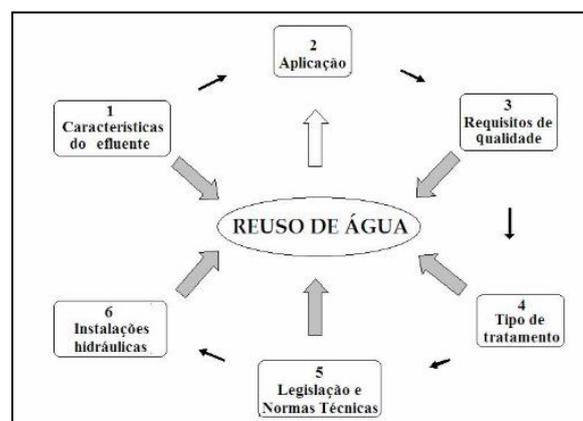


Figura 1: Fatores para implantação de reúso de água.

Fonte: [19]

O gerenciamento racional das águas residuárias pode resultar em significativa economia de água potável nas residências, redução da eutrofização de corpos de água, além de propiciar a reciclagem de importantes quantidades de nutrientes como nitrogênio, fósforo, entre outros, para a agricultura, substituindo os fertilizantes químicos e minimizando a poluição [20].

III MATERIAIS E MÉTODOS

O método adotado para aplicar foi um estudo de caso que consiste em calcular a quantidade de água condensada do prédio que possui condicionadores de ar de 12000 Btu/h de marca Midea, gás refrigerante R22, realizou-se a medição desses condicionadores por meio de bancadas para validação, em horários alternados, utilizado no período de Julho/2018 a Agosto/2018, devido a temperatura do local das salas.

O prédio possui 5 pavimentos com 12 salas por andar. Para o estudo de caso foi proposto analisar apenas 1 pavimento, de modo que realizou-se um levantamento dos seguintes parâmetros: a) número de aparelhos de ar condicionado em funcionamento; b) potência dos aparelhos – BTUs; c) tempo de funcionamento dos

aparelhos e d) temperatura no aparelho habitualmente utilizada pelos usuários nos setores de: Advocacia setorial, gerência da secretaria geral, assessoria de representação no CONFAZ e relações federativas, superintendência executiva, superintendência de gestão, planejamento e finanças.

III.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

O aproveitamento da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado submete-se drenar e assim são direcionados a coletar e armazenar.

Para o estudo foram utilizados recipientes para coleta, proveta para medição, 12 aparelhos condensadores com potência de 12000 BTUs.



Figura 2: (a) prédio da sefaz identificando os 5 pavimentos. (b) Medição sendo realizada com colhimento da água cinza do ar condicionados na proveta.

Fonte: Autores, (2018).

Mota [21] cita que em média um condicionador de ar com 12.000 BTU's gera em torno de 300 mm/h de água. Portanto para o levantamento da vazão a média de água gerada em um aparelho de ar condicionado com capacidade de 12000 BTUs, que funcionava a 16 °C, conforme a média medida no local nos períodos supracitados, conforme Tabela 1:

Tabela 2: Levantamento da vazão média de água gerada

Medições	Horário/Dia	Vazão [mL/h]	Temperatura no aparelho
1º	09:00	270	18°
2º	12:00	300	16°
3º	14:00	320	16°
4º	16:00	325	16°
5º	18:00	289	21°
Média		300,80	16°

Fonte: Autores, (2018).

Observa-se que de acordo com a Tabela 1, uma média aproximadamente de 300,80 mm/h de água, encontra-se compatível com a média identificada na literatura. Deste modo, numa sala que fica 12 (doze) horas com o condicionador de ar ligado das 07:00 às 19:00 serão 3,613 L de água produzidos.

Desta forma, a vazão aproximada dos 12 (doze) aparelhos ligados durante os 5 dias da semana seria de:

$$V = 3,61 (\text{dia de consumo}) \times 12 (\text{aparelhos})$$

$$V = 43,32 \text{ L} \quad (1)$$

A estrutura para captar a água cinza dos condicionadores de ar deverá ser instalada uma tubulação de PVC no final dos drenos para redirecionar a água para o reservatório ou sistema.

$$V = 43,32 \text{ L} \times 5 (\text{dias úteis})$$

$$V = 216,6 \text{ L} \quad (2)$$

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

Constatou-se com o estudo que atualmente há em funcionamento no prédio da Sefaz Sede em torno de 12 (doze) condicionadores de ar por andar, todos com a especificação e marca do tipo Split de 12000 Btu/h - Midea, gás refrigerante R22, onde realizou-se a montagem de uma bancada em uma sala disponibilizada com 7,00 m², contendo uma mesa, uma janela com exposição direcionada ao Norte. Com base para o estudo utilizou-se o software de termodinâmica - Computer Aided Thermodynamic.

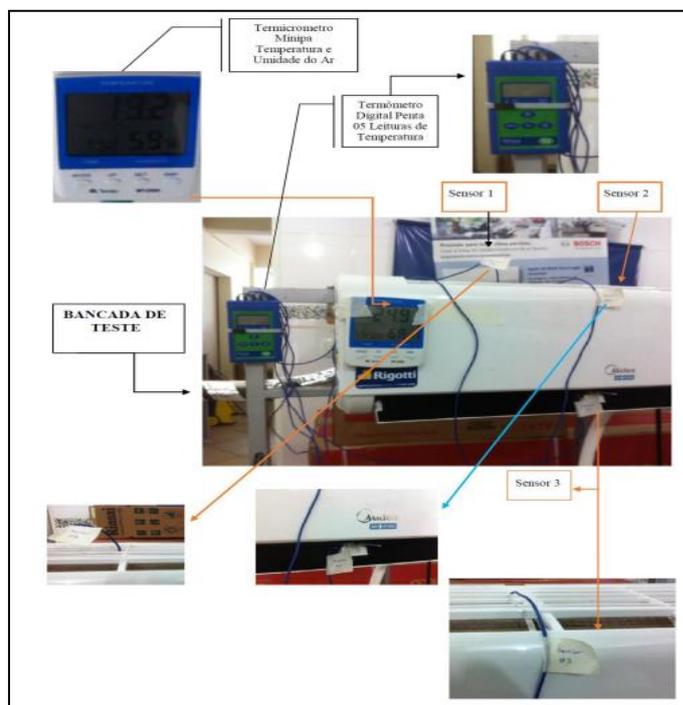


Figura 3: Bancada de Teste.

Fonte: Autores, (2018).

IV.1 PROGRAMA DE TERMODINÂMICA

O software Computer Aided Thermodynamic, foram utilizadas algumas etapas para obtenção dos resultados que contribuíram para identificar as variáveis coletadas na bancada.

Tabela 3. Passos que contribuíram para a comprovação das variáveis identificado na banca

1º Passo	2º Passo	3º Passo	4º Passo
Identificou-se no ambiente com psicrômetro:	Utilizou-se o software para detectar:	Analisou-se o Resultado do Software	Identificou-se a vazão de ar do equipamento
Temperatura (T)	Temperatura (T)	Kg de água por Kg de Ar (Kg water/Kg dry)	
Umidade Relativa (ϕ)	Umidade Absoluta (w)		

Fonte: Autores, (2018).

Na 1º **Etapa** a temperatura identificada nos 5 horários citada na Tabela 1, pode-se calcular a umidade relativa pela equação:

$$VR(\%) = (Ca/Es) \times 100 \quad (3)$$

Na 3º **Etapa**: o Kg de água por Kg de Ar (Kg water/Kg dry) - Conforme resultado no programa no 1º pavimento: 0,001076 [Kg água/Kg ar seco] x (w – wsat)

Na 4º **Etapa**: A vazão de ar do equipamento (Split de 12000 Btu/h de marca Midea, gás refrigerante R22). Q = 600 [m³/h].

Tabela 4. Volume de água condensada pelos aparelhos de ar condicionado.

Potência (BTUs)	Vazão (L/h/unid)	Potência (BTUs)	Vazão (L/h/unid)
7.500	0,1230	24.000	1,5850
9.000	0,2740	30.000	1,5910
10.000	0,2910	36.000	1,6375
12.000	0,3280	48.000	1,8910
18.000	0,9740	60.000	2,0640

Fonte: [22]

Se considerarmos um volume de V= 43,32 L para 5 dias arrecadado de um pavimento teríamos um V= 43,32 L x 5 (pavimentos) um total de 216,60 L/Semana e um total de V= 216,60 L/Semana x 20 (dias úteis) = 4.332,00 L/Mês. Isso promoveria uma economia de R\$ 181,83 reais/mês, considerando a tarifa de R\$ 15,152 reais/m³ para a faixa de consumo >12 m³ para a categoria de tarifa as instituições públicas, de acordo com a tabela vigente de 01 de janeiro de 2017, divulgada pela concessionária Manaus Ambiental LTDA.

IV.2 CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO

Para a captação de água dos condicionadores de ar independente do estilo, seu custo é viável, pois possui material e mão de obra com custos baixos [23]. As unidades condensadoras facilitam a união dos aparelhos, que podem ser ordenados para a coleta de água que coincidem ao aparelho na qual sai o ar com a temperatura programada, sendo responsável por absorver o calor que desloca-se até o condensador pela força do compressor.



Figura 4. Conexão dos tubos de PVC ligando cada aparelho.
Fonte: Autores, (2018).

O reservatório terá tubulações de PVC conectadas na saída da mangueira do dreno, para que seja garantido o fluxo de água condensada.

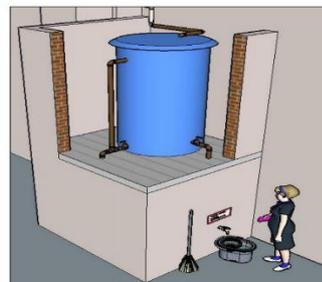


Figura 5. Saída do dreno do ar para conexão dos tubos de PVC coletor de água.

Fonte: Autores, (2018).

A demanda de água cinza adquirida na edificação comercial pública, pode-se ser distribuída para utilização em: usos de regas de jardins, limpeza de áreas de circulação, e banheiros, pois o volume arrecado mês de 4.332,00 L/Mês. Diante adotou-se um reservatório com volume de armazenagem de 5000 L, para um único sistema, capaz de manter o reservatório sempre abastecido para os usos específicos.

Diante disso optou-se para elaboração de uma estrutura base para o apoio ao reservatório, que garantirá a pressão mínima de 10 KPa (1 m.c.a) de acordo com a NBR 5626 [24].

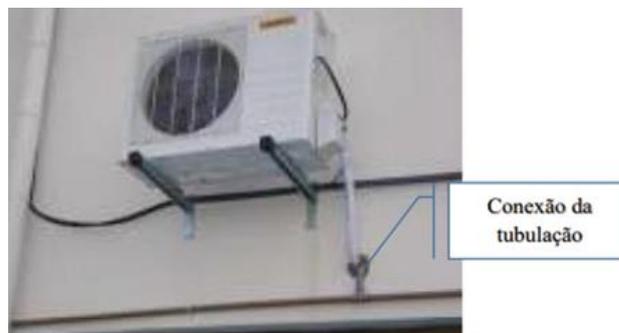


Figura 6: Estrutura de armazenamento e distribuição da água.

Fonte: Autores, (2018).

V CONCLUSÃO

As atitudes do homem em relação à natureza têm variado através do tempo, assim como variam entre regiões e culturas. Por isso, os recursos naturais encontram-se em uma situação crítica já que as mudanças provocadas tanto podem tornar-se irreversíveis como gerar imprevisíveis alterações no planeta, principalmente a água. Por meio dos resultados obtidos pode-se perceber que o reaproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar, visto que por mês é produzido 4.332,00 L/Mês de água provinda desses condensadores, torna-se viável a instalação de um sistema de captação.

O reaproveitamento de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado deve ser considerado uma solução para a escassez de água no Brasil, sobretudo na região Norte independente de sermos o estado que possua uma das maiores bacias hidrográficas do mundo. O artigo propõe projetar uma solução sustentável e com custo abaixo do mercado na frente do método convencional, sendo benéfico para a sociedade em geral. Políticas públicas deveriam ser adotadas como incentivo para implementação de modelos que proporcionem a proteção deste recurso natural tão escasso em nosso planeta.

O crescente aumento de construções sustentáveis vem incentivando a sociedade contribuir para que a demanda do

consumo da água diminua. Ações inteligentes a essas, direcionadas a sustentabilidade e a responsabilidade social são de fundamental importância para que problemas referentes a crise hídrica possam ser contornados.

Portanto, salienta que não devemos levar em conta um projeto sustentável apenas pelo seu valor econômico, precisa-se, também, relacioná-lo aos benefícios reais que são gerados, a partir de sua implantação e preservação do meio ambiente e assim refletindo sobre a necessidade de Políticas Públicas Ambientais inovadoras que contribuam para um desenvolvimento menos impactante.

VI REFERÊNCIAS

- [1] OMM - Organização Meteorológica Mundial. **Guia para práticas hidrológicas: Aquisição e processamento de dados, análises, estimativas e outras aplicações**, 15.ed., 1994. 735p.
- [2] REBOITA, Michelle Simões, et al. **Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul**. Ver. Bras. Terra e Didática, Campinas, v. 8, n.1, p.34-50, 2012.
- [3] INMET. **Insolação horas:** <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>> Acesso em: 18 jul.2017.
- [4] VIANELLO R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Editora UFV, 1991.
- [5] INMET. **Relação de estações Meteorológicas:** <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>> Acesso em: 18 jul.2017.
- [6] KREITH, Frank; BOHN, MS. **Princípios de Transferência de Calor**. Tradução All Tasks, 4ª ed. Rio de Janeiro: Pioneira Thompson Learning, 2003.
- [7] NUSSENZVEIG, Herch Moisés. **Curso de física básica: fluidos, oscilações e ondas de calor**. 3ªed. – São Paulo, Edgard Blucher, 1981, 315p.
- [8] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física – gravitação, ondas e termodinâmica**. Tradução José Paulo S. de Azevedo, 6.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002.
- [9] <[http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/Transferencia de Calor.pdf](http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/Transferencia_de_Calor.pdf)>
- [10] SERWAY, Raymond A.. **Física 2 para cientistas e engenheiros**. Tradução Horacio Macedo, 3ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1992.
- [11] <<http://www.geocities.com/RainForest/Jungle/3434/problemas/estufa.htm>>
- [12] AYOADE, J.O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. Tradução Maria J. Z. dos Santos, 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- [13] MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 206 p.
- [14] VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital, 2. ed. Recife, 2006, 449 p.
- [15] <http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/16a-Ilhas_de_calor_em centros_urbanos.pdf>
- [16] <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/10/11/ilha-de-calor-na-amazonia/>>
- [17] DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação**. 3a edição - Rio de Janeiro, 2006.
- [18] HORONJEFF, Robert. **Planning and Design of Airports**. 1 ed. New York. USAID, 1966.
- [19] KILPP, Raquel. **Desenvolvimento de modelos para previsão de temperatura em pavimentos flexíveis**. Ijuí. Monografia do Trabalho de Conclusão de Curso - UNIJUI. 2004.
- [20] MINHOTO, M. J. (2005). "Consideração da Temperatura no Comportamento à reflexão de Fendas dos Reforços de Pavimentos Rodoviários Flexíveis". Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Guimarães.
- [21] WHITEOAK, D., 1990, **SHELL Betumen handbook**. SHELL. Inglaterra.
- [22]. <<http://www.geopalavras.pt/2012/11/a-temperatura-como-resultado-da.html>>
- [23], Google Earth, **Zona oeste de Manaus** (2017).
- [24] <<https://heatiland.lbl.gov/coolscience/cool-pavements>>