UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Gerson de Oliveira Soares

AVALIAÇÃO DA REDUÇÃO DO CONSUMO D'ÁGUA PELO EMPREGO DE AREJADORES

Florianópolis
2010

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

Gerson de Oliveira Soares

AVALIAÇÃO DA REDUÇÃO DO CONSUMO D'ÁGUA PELO EMPREGO DE AREJADORES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Luis Alberto Gómez

Florianópolis
2010

Catalogação na fonte elaborada pela biblioteca da
Universidade Federal de Santa Catarina

A ficha catalográfica é confeccionada pela Biblioteca Central.

Tamanho: 7cm x 12 cm

Fonte: Times New Roman 9,5

Maiores informações em:

http://www.bu.ufsc.br/design/Catalogacao.html

AVALIAÇÃO DA REDUÇÃO DO CONSUMO D'ÁGUA PELO EMPREGO DE AREJADORES

Por

GERSON DE OLIVEIRA SOARES

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de "Mestre em Engenharia", e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina em 02 de setembro de 2010.

Profª. Janaíde Cavalcante Rocha, Dr.-Ing.
Coordenadora do PPGEC

Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.
Orientador - UFSC

Banca Examinadora:

Profª. Lúcia Helena de Oliveira, Dra.
Membro Externo - USP

Profª. Ana Lígia Papst, Dra.
Membro Externo - Unisul

Prof. Humberto Ramos Roman, Ph.D.
Membro - ECV/UFSC

Florianópolis, 02 de setembro de 2010

Aos meus pais, esposa e filho, por entenderem que os sonhos de um engenheiro podem estar muito além de frias relações matemáticas.

Ao criador, que nos deu inteligência e capacidade de questionar o desconhecido.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho de pesquisa somente foi possível ser desenvolvido e apresentado ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFSC, por intermédio da colaboração e do incentivo de várias pessoas, que merecem agradecimentos especiais e sinceros.

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que vem me suprindo de forças e coragem para continuar trilhando meu destino e transpondo os inúmeros obstáculos. Esta caminhada em busca do conhecimento, apesar de sacrificante e de exigir muita disciplina, torna-se prazerosa quando descobrimos que podemos ajudar a humanidade a amenizar problemas criados pelo próprio homem.

Como forma de retribuir a esta proteção divina que julgo receber, procuro soluções de problemas na área de engenharia, especificamente ao que se refere à hidrologia. Nesta busca, entretanto, tenho como meta, contribuir para manter e preservar o meio ambiente criado por Deus, deixando-o exuberante e belo, para o proveito das gerações futuras de todos os seres vivos.

Agradeço de coração aos meus pais, por todo amor e carinho com que me educaram, especialmente pelo incentivo e ajuda nos momentos difíceis e por acreditarem que sou capaz de seguir meu caminho. Agradeço também a minha esposa Silvania e ao meu filho Bruno, pela compreensão e renúncia de momentos irrecuperáveis, em que me dediquei aos trabalhos e às atividades acadêmicas.

Por fim, agradeço aos professores Maurílio e Geraldo do Carmo, à diretoria do CEFET-MG, na pessoa do prof. Flávio, por terem viabilizado o programa e a todos os professores da UFSC, em especial ao prof. Luis Gómez, meu orientador, que com competência, brilhantismo e dedicação se ausentaram de Florianópolis para ministrar o curso em Belo Horizonte, abdicando, muitas vezes, dos compromissos locais e do calor de suas famílias.

"Hay hombres que luham um dia y son buenos,
Háy otros que luchnam año y son mejores.
Hay quienes luchan años y son muy buenos.
Pero hay los que lucham toda la vida,
Esos son los imprescindibles."

(Bertolt Brecht)

"Não é só o homem que precisa da água para viver, mas ele é o único que pode preservá-la."

(*Slogan* da COPASA-MG)

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo estudar as potencialidades de se incorporar ar à água, como ação a ser empregada na redução do consumo de água. Para alcançar de forma prática o que foi proposto, estabeleceram-se procedimentos que permitiram ajustarem-se, progressivamente, as quantidades de ar incorporadas aos jatos de água provenientes das torneiras da cozinha de um refeitório. Isso foi possível, atuando-se no princípio de Venturi, por meio da inserção de delgados anéis de plástico no interior dos dispositivos arejadores dessas mesmas torneiras. Mediram-se os diversos consumos de água correspondentes a cada percentual de aeração ajustado. Como resultado, obteve-se uma considerável redução no consumo de água, entre as situações de mínima e máxima aeração. Ao final, concluiu-se que a ação de se incorporar ar à água apresenta significativa eficácia na redução do consumo.

Palavras-chave: Arejador. Água. Incorporação de ar.

ABSTRACT

This paper aimed to study the potential to incorporate air into the water, such action to be employed in reducing the consumption. To achieve in practice what was proposed, procedures were established which allowed to adjust themselves, gradually, the amount of air incorporated into the jets of water from the taps of a refectory's kitchen. This was possible, acting on the Venture principle, by inserting thin plastic rings within the aerators of the same taps. Was measured the various water consumption corresponding to each percentage aeration adjusted. As a result, was obtained a considerable reduction in water consumption between the situations of minimum and maximum aeration. In the end, it was concluded that the action to incorporate air into the water shows significant efficacy in reducing consumption.

Keywords: Aerator. Water. Air Incorporation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 29

1.1 Caracterização do problema 31

1.2 Objetivos 35

1.2.1 Objetivo geral 35

1.2.2 Objetivos específicos 36

1.3 Estruturação da dissertação 36

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 37

2.1 Disponibilidade hídrica no Brasil 37

2.2 Fontes alternativas de água 39

2.3 Usos finais 43

2.3.1 Consumo per capita 45

2.4 Economizadores de água 47

2.4.1 Economizadores incorporadores de ar 50

2.4.1.1 Origem 50

2.4.1.2 Princípio de funcionamento 51

2.4.1.3 Tubo de Venturi 53

2.4.1.4 Arejadores convencionais 54

2.4.1.5 Arejadores de vazão constante 56

2.4.1.6 Tipos de fluxos 62

2.4.1.7 Pulverizadores - Características específicas e aplicações 64

2.4.1.8 Arejadores - Características específicas e aplicações 65

2.5 Formação de espuma 71

3 MATERIAIS E MÉTODOS 75

3.1 Local da pesquisa 75

3.2 Caracterização técnica do local da pesquisa 77

3.3 Procedimentos 79

3.3.1 Uniformização dos arejadores 80

3.3.2 Percentuais de ar misturados à água *83*
3.3.2.1 Dispositivo separador de ar e água *84*
3.3.2.2 Ajustes dos percentuais de ar *86*
3.3.2.3 Elaboração das películas *89*
3.3.2.4 Criação dos subconjuntos de películas *91*
3.3.3 Consumo diário de água da cozinha *91*
3.3.4 Diâmetros das bolhas de espuma *92*

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 93

4.1 Percentuais de ar incorporado à água 93
4.2 Volume de água por refeição servida 94
4.3 Percentuais de ar e consumo de água por refeição 96
4.4 Ar e formação de espuma 97

5 CONCLUSÕES 101

5.1 Limitações do trabalho 102
5.2 Sugestões para trabalhos futuros 103

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 105

APÊNDICES 117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo hidrológico 30
Figura 2 - Distribuição da água no Planeta Terra 31
Figura 3 - Situação dos principais rios brasileiros quanto à relação demanda/disponibilidade 39
Figura 4 - Distribuição das demandas consuntivas por finalidade de uso 43
Figura 5 - Dispositivos para a redução do consumo de água 48
Figura 6 - Arejadores coloridos e temáticos 49
Figura 7 - Diagrama genérico do arejador 52
Figura 8 - Tubo de Venturi 53
Figura 9 - Torneira com arejador convencional e seus componentes 56
Figura 10 - Arejador convencional e arejador com compensação de pressão 57
Figura 11 - Dispositivo compensador de pressão 57
Figura 12 - Arejadores RST-CF8 com e sem dispositivos antivandalismo 59
Figura 13 - Dispositivos PCA com diferentes tecnologias 59
Figura 14 - Curva do arejador de vazão constante 60
Figura 15 - Arejador de vazão constante 61
Figura 16 - Aerador Perlator PCA 62
Figura 17 - Fluxo Aerado 63
Figura 18 - Fluxo Laminar 63
Figura 19 - Fluxo Spray 64
Figura 20 - Pulverizador PCA Spray 64
Figura 21 - Pulverizador PCA Cascade 65
Figura 22 - Arejador PCA Care 66
Figura 23 - Arejador Draco 0,5 GPM 66
Figura 24 - Arejador Draco 1,5 GPM 67
Figura 25 - Arejador giratório de duplo spray 67

Figura 26 - Arejador de cozinha giratório e de duplo *spray* por torção 68
Figura 27 - Torneira Economizadora um Toque *on/off*..... 69
Figura 28 - Arejador de fluxo ajustável por torção 69
Figura 29 - Arejador de fluxo a vácuo, de alta performance..... 70
Figura 30 - Arejador de luxo, de fluxo ajustável, para pia de cozinha.. 71
Figura 31 - Estrutura da espuma em poliedro de faces planas 72
Figura 32 - Vista aérea do Campus II do CEFET-MG 76
Figura 33 - Planta geral do prédio 02 do Campus II - CEFET-MG..... 76
Figura 34 - Planta baixa da cozinha do refeitório do Campus II - CEFET-MG 77
Figura 35 - Vista interna da cozinha do refeitório Campus II - CEFET-MG 78
Figura 36 - Vista dos hidrômetros instalados nos sub-ramais que alimentam a cozinha do refeitório..... 79
Figura 37 - Vista geral do arejador convencional *Blukit*..... 80
Figura 38 - Elementos existentes no interior do compartimento do arejador *Blukit*..... 81
Figura 39 - Estrutura interna com microbocais do elemento arejador *Blukit*..... 82
Figura 40 - Tela de mistura do elemento arejador *Blukit* com aberturas laterais 82
Figura 41 - Película de plástico (branco semitransparente) 83
Figura 42 - Local de inserção da película 84
Figura 43 - Diagrama do dispositivo separador de ar e água..... 85
Figura 44 - Montagem do dispositivo separador de ar e água 86
Figura 45 - Película de plástico (verde) com três sulcos na borda externa..... 87
Figura 46 - Películas de plástico (azul, vermelho e preto) com 4, 6 e 8 sulcos nas bordas externas 88
Figura 47 - Vista do dispositivo separador de ar e água em funcionamento..... 89
Figura 48 - Contracapas de encadernação multicoloridas..... 90
Figura 49 - Punção vazadora..... 90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Disponibilidade hídrica *per capita* no Brasil 33
Tabela 2 - Disponibilidade hídrica e vazões médias e de estiagem..... 38
Tabela 3 - Consumo médio de água em cada região brasileira em 2008..... 46
Tabela 4 - Consumo médio de água potável em alguns países 47
Tabela 5 - Valores de tensões superficiais para diferentes líquidos..... 73
Tabela 6 - Volumes V1 e V2 medidos e percentuais de aeração calculados..... 93
Tabela 7 - Dados levantados na cozinha do refeitório..... 95
Tabela 8 - Consumo de água por refeição em função dos percentuais de aeração..... 96
Tabela 9 - Pressões de ar nos interiores de bolhas de sabão..... 100
Tabela 10 - Condições de trabalho dos mecanismos de vedação..... 120

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Vazão x Pressão - Arejador Padrão 55
Gráfico 2 - Vazão x Pressão - Arejador Padrão e Arejador PCA..... 58
Gráfico 3 - Percentual de areação x litros de espuma..... 94
Gráfico 4 - Consumo de água x percentual de aeração 97
Gráfico 5 - Pressões internas x diâmetros 117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Formas de reúso e suas características 42
Quadro 2 - Categorias de consumo de água em instalações prediais 44

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABC	Academia Brasileira de Ciências
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
BIO	Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente
BWR	Basic Water Requeriment
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CFR	Constant Flow Regulator
COPASA-MG	Companhia de Saneamento Básico de Minas Gerais
DGRN	Direção Geral dos Recursos Naturais de Portugal
EEA	European Environmental Agency
EPA	The Energy Policy Act
EP/USP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
GPM	Galão por Minuto
IETC	International Environmental Technology Centre
INAG	Instituto Nacional de Água de Portugal
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
IRS	Instituto Roberto Simonsen
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MH	Manual de Hidráulica
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
NBR	Norma Técnica Brasileira
PCA	Pressure Compensation Aerator
PNCDA	Programa Nacional do Combate ao Desperdício de Água
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
PURA	Programa de Uso Racional de Água
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações

SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SESI	Serviço Social da Indústria
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SindusCon/SP	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Criança.
USP	Universidade de São Paulo
VDR	Bacia Sanitária com Volume de Descarta Reduzido
WSA	Water Saving Aerator

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento de fundamental importância para a subsistência de todos os seres vivos, pois estes dependem da sua disponibilidade para satisfazer suas necessidades. Especificamente em relação ao homem, quase todos os aspectos de sua vida estiveram sempre, e estão, a cada dia mais, girando em torno da água. Ela está presente desde o abastecimento doméstico e público, até no lazer, no transporte e na geração de energia.

O desperdício e o descaso com relação a este bem, entretanto, são fatos marcantes no cotidiano. As fontes de água constituem uma unidade fundamental do sistema ecológico, além de serem imprescindíveis para o desenvolvimento econômico. Os diferentes usos da água pelo homem têm aumentado excessivamente, resultando em degradação ambiental e poluição. Sendo assim, a deterioração das fontes de água está relacionada com o crescimento e a diversificação de atividades agrícolas, com o aumento da urbanização e com a intensificação das atividades humanas nas bacias hidrográficas.

Admite-se que a quantidade total de água no planeta, nas suas três fases – sólida, líquida e gasosa – tem se mantido constante desde o aparecimento do homem. A água da Terra, que constitui a hidrosfera, distribui-se por três reservatórios principais: os oceanos, os continentes e a atmosfera, entre os quais existe uma circulação contínua, constituindo o ciclo hidrológico (Figura 1).

O movimento da água no ciclo hidrológico é mantido pela energia radiante de origem solar e pela atração gravitacional. Pode-se definir ciclo hidrológico como a sequência fechada de fenômenos pelos quais a água passa do globo terrestre para a atmosfera, na fase de vapor, e regressa àquele nas fases líquida e sólida. A transferência de água da superfície do globo para a atmosfera, sob a forma de vapor, dá-se por evaporação direta, por transpiração das plantas e dos animais e por sublimação. O ciclo hidrológico visto à escala planetária pode ser compreendido como um sistema de destilação gigantesco, estendido a todo o globo (INAG, 2003).

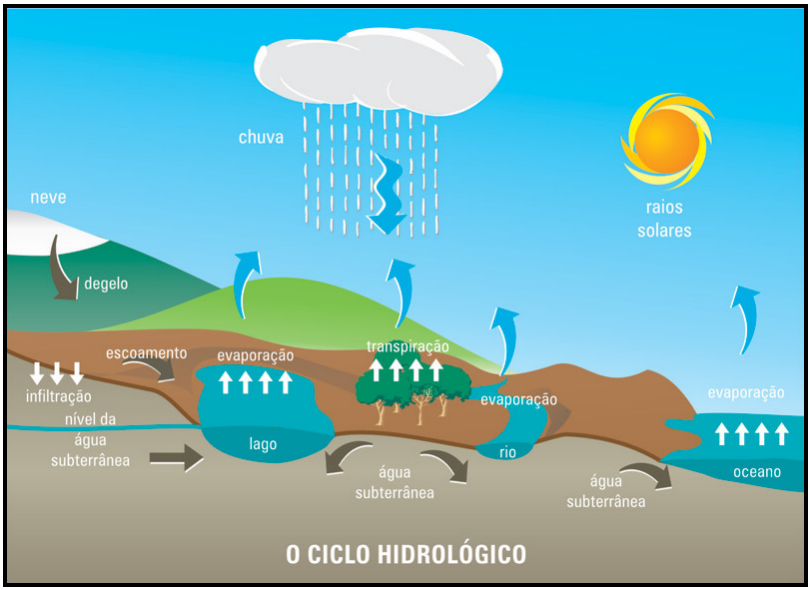

Figura 1 - Ciclo hidrológico
Fonte: SILVA, 2007.

A água é um dos recursos naturais mais abundantes no planeta, com volume total estimado em 1.386 milhões de km³. Esse gigantesco volume está distribuído, como mostrado na Figura 2, da seguinte forma: 97,5% de toda água da Terra estão nos mares e oceanos, 1,7% nas geleiras e nas calotas polares, 0,7% estão nos aquíferos subterrâneos, menos que 0,01% formam os rios, lagos e reservatórios, e ainda, uma porcentagem ínfima da água está em forma de vapor na atmosfera (SHIKLOMANOV, 1999).

A parcela da água que precipita nos continentes pode tomar vários destinos. Uma parte é devolvida diretamente à atmosfera por evaporação; a outra origina em escoamento na superfície do terreno, denominada de escoamento superficial, que se concentra em sulcos, cuja reunião dá lugar aos cursos de água. A parte restante infiltra-se, isto é, penetra no interior do solo, subdividindo-se em uma parcela, que se acumula na sua parte superior, e pode voltar à atmosfera por evapotranspiração e, noutra, que caminha em profundidade até atingir os lençóis aquíferos, constituindo assim, o escoamento subterrâneo.

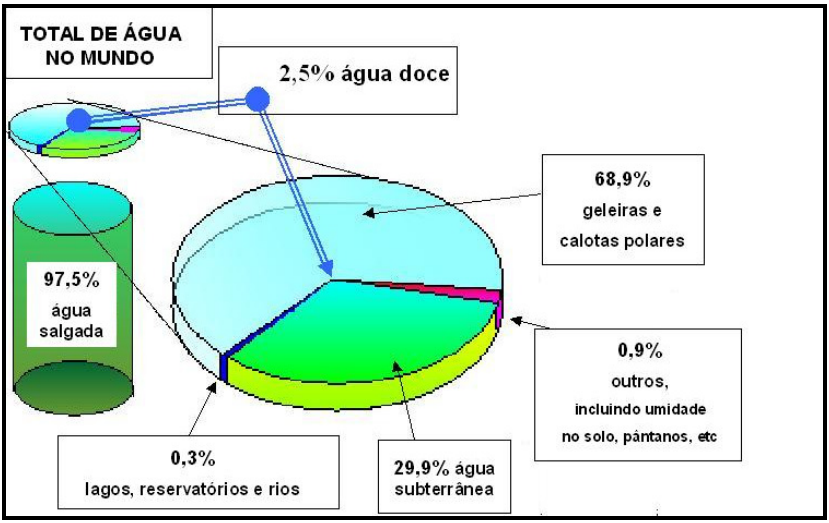

Figura 2 - Distribuição da água no Planeta Terra
Fonte: UNESCO/IPH, 1999.

Tanto o escoamento superficial, quanto o subterrâneo alimentarão os cursos de água que deságuam nos lagos e nos oceanos, ou alimentarão diretamente estes últimos. Portanto, a água da chuva, as águas superficiais (rios córregos e lagos) e subterrâneas constituem-se nas fontes naturais de abastecimento das necessidades humanas (INAG, 2003).

1.1 Caracterização do problema

Os problemas relacionados com a água são, a cada dia, reconhecidos como um dos mais imediatos e sérios temas ambientais para a espécie humana. O uso da água foi mais que triplicado em termos globais desde 1950, sendo que uma em cada seis pessoas não tem acesso regular à água potável para beber. Não ter acesso ao suprimento de água potável e também sanitário, afeta a saúde de 1,2 bilhões de pessoas anualmente (WHO; UNICEF, 2000).

O último painel ambiental global do programa das Nações Unidas para o meio ambiente (UNEP) relata que, aproximadamente, um terço da população do planeta vive em países que sofrem de uma moderada, até uma alta, escassez de água, onde o consumo é superior a 10% dos recursos renováveis de água saudável.

Tendo em vista que a escassez de água é um problema já vivido em diversos locais do mundo, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) faz um alerta para o provável agravamento da falta desse bem, que se poderá verificar nos próximos 15 anos em nível mundial. Prevendo que o problema possa se transformar num imenso dano para o ambiente, o organismo da Organização das Nações Unidas (ONU) estimou a redução das correntes fluviais, o aumento da salinidade nos estuários e o desaparecimento de espécies e plantas aquáticas até 2020 (DIÁRIO DIGITAL, 2006).

A falta de água constitui-se num dos principais problemas de crise no mundo e assola severamente habitantes do Oriente Médio (AYDIN, 1999; GOODARZI; CHARKHAB, 1999). Na Palestina, por exemplo, o consumo de água diário é de apenas 55 litros *per capita*, muito próximo ao mínimo recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) que é 50 litros *per capita* (ZAHRA, 2001). Nessa região, um agravante para o problema é o fato de que a maior parte da água disponível, em cada país, se origina fora de suas fronteiras.

De acordo com a ONU, no final do século passado, cerca de 80 países, que abrigam 40% da população mundial, sofriam com a escassez de água (UNEP, 2002). Regiões densamente povoadas, localizadas na Ásia Ocidental e ao norte da África eram, e ainda são, as áreas mais afetadas do planeta. Nesses locais, a disponibilidade hídrica é inferior a 1000m³ *per capita* por ano, valor significativamente inferior à média mundial de 7000m³ *per capita* por ano (UNEP, 2002).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), a América do Sul possui 26% da água disponível, mas apenas 6% da população mundial. Por outro lado, a Ásia possui 60% da população, mas somente 36% da água doce disponível no planeta (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005a). Em relação ao Brasil, sabe-se que suas reservas correspondem a 12% do total mundial, podendo chegar a 18%, quando se levam em conta vazões oriundas de territórios estrangeiros, que afluem para o país, provenientes das bacias Amazônica, do Uruguai e do Paraguai (ANA, 2006). Como a população brasileira representa 2,8% da população mundial (UN, 2005), vislumbra-se uma situação de abundância hídrica no país.

No entanto, ainda que a reserva brasileira seja abundante, a disparidade entre a disponibilidade hídrica, a população e a área territorial também se faz presente nas cinco regiões do país. A Região Norte, que engloba a Bacia Amazônica, contém 69% da água do país, mas abriga somente 8% da população. Assim, a população restante, ou seja, 92% do total dispõem de apenas 31% dos recursos hídricos

disponíveis. Em oposição à Região Norte, a Região Sudeste e a Nordeste (em conjunto), abrigam 71% da população brasileira e dispõem de somente 9% da água doce do país (GHISI et al., 2006).

GHISI et al. (2006) avaliou a disponibilidade hídrica *per capita/*ano nas cinco regiões geográficas brasileiras, nos anos de 1900 a 2000, e fez estimativas de população e das futuras disponibilidades de água até 2100. A Tabela 1 mostra os resultados parciais da pesquisa. Verifica-se que tanto em 1900, quanto em 2000, a disponibilidade hídrica brasileira era considerada muito alta de acordo com a classificação da UNEP (2002). No entanto, em 2000, as duas regiões brasileiras mais populosas, Sudeste e Nordeste, apresentavam disponibilidades baixas e inferiores à média mundial de 7000m³ *per capita* por ano. Com relação às futuras disponibilidades de água para estas regiões, a pesquisa aponta que, a partir de 2050, elas serão inferiores a 2000m³ *per capita* por ano, ou seja, muito baixas; e que a partir de 2094, no Sudeste, e 2100, no Nordeste, passarão a ser catastroficamente baixas.

Tabela 1 - Disponibilidade hídrica *per capita* no Brasil

Região	**Disponibilidade hídrica (m³ *per capita*/ano)**	
	(Ano 1900)	**(Ano 2000)**
Norte	5.708.864	307.603
Nordeste	27.587	3.900
Sudeste	42.715	4.615
Sul	203.396	14.553
Centro-Oeste	2.353.814	75.511
Brasil	328.745	33.762

Fonte: GHISI et al., 2006.

A necessidade de racionalização do consumo e conservação da água possui um caráter emergencial e medidas já estão sendo instituídas pelos governos e órgãos não-governamentais para uma ação de controle dos desperdícios, assim como uma política de redução no consumo da água. Um exemplo é o Programa Nacional de Combate ao Desperdício da Água (PNCDA) do Governo Federal brasileiro. Este programa tem por objetivo promover o uso racional da água de abastecimento público

nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços (PNCDA, 2006).

No contexto local, estados e municípios estão instituindo leis que promovem a conservação e a redução do consumo da água. Um exemplo é a Lei n° (10.785/03), que criou, no município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURAE). Este programa tem como objetivo incentivar o uso de aparelhos economizadores de água como as bacias sanitárias de volumes de descarga reduzidos (VDR); além do fato de que as águas de fontes alternativas, como as das chuvas, deverão ser destinadas a uma cisterna. De lá, a água será usada para regar jardins e hortas, para lavagens de roupa, de veículos, de vidros, de calçadas e de pisos.

Para uma redução expressiva do consumo de água, a literatura aponta para a eliminação, ou a redução do uso de água potável, como meio de transporte para dejetos humanos, considerando-se que, aproximadamente 30% da água utilizada em uma residência são para este fim. Presume-se que a utilização de águas menos nobres, associada às águas pluviais, possam viabilizar, tanto sob aspectos técnicos como econômicos, este transporte, levando a uma redução do consumo de água potável.

As principais ações práticas, estabelecidas pelo PNCDA (2006), no sentido de se alcançar a efetiva economia no consumo de água, se inserem em quatro campos: Tecnológico, Regulatório e Institucional, Econômico e Educacional.

No campo Tecnológico, podem ser empregados dispositivos economizadores, medições individualizadas, sistemas individuais ou comunitários de captação de águas pluviais, reúsos de água, controle de vazamentos nas redes e edificações.

Desse modo, bacias sanitárias de volumes de descarga reduzidos (VDR), dispositivos arejadores, torneiras e chuveiros com dispositivos controladores de vazão, são exemplos de economizadores de água. Por outro lado, instalações de hidrômetros individualizados para cada uma das unidades consumidoras, inclusive para o condomínio, em edificações coletivas, incentivam e possibilitam, a cada usuário, um efetivo controle e racionalização de seu consumo. Como consequência, uma economia considerável será detectada em toda a edificação.

Da mesma forma, captar a água das chuvas, por meio de calhas instaladas nos telhados, conduzi-la e armazená-la em reservatórios compatíveis, para uso nas edificações, aumenta-se a oferta de água, aliviando-se o sistema formal de abastecimento hídrico.

Por outro lado, reúso de água servida e monitoramento das instalações, detectando em tempo oportuno, sintomas de vazamentos nas tubulações completam as ações no campo Tecnológico.

No campo Regulatório e Institucional podem ser destacadas ações que visam implementar: legislações que induzam ao uso racional de água; regulamentação de novos sistemas construtivos e de instalações prediais; regulamentação mais adequada dos serviços prestados pelas concessionárias; outorga pelo uso da água e criação de comitês de bacias hidrográficas.

No campo Econômico, as ações mais imediatas são: estímulos fiscais para a redução do consumo; tarifação que estimule o uso eficiente da água e cobrança pelo uso da água bruta.

No campo Educacional, é necessário incorporar a questão da água nos currículos escolares em todos os níveis; nas campanhas e nos programas de educação ambiental; na reciclagem de profissionais.

Dentro deste contexto de conscientização e de mudanças das relações e concepções com relação ao suprimento e consumo de água, este trabalho foi desenvolvido, no sentido de descrever e caracterizar uma das ações economizadoras de água, que se inserem no campo Tecnológico. Trata-se de promover uma avaliação da redução do consumo de água pelo emprego de arejadores. Soma-se a tantos outros, na nobre causa de incentivar uma verdadeira mudança na sociedade, e contribuir para garantir um futuro mais promissor às próximas gerações de todos os seres vivos do planeta.

A pesquisa foi realizada em um refeitório localizado no prédio 02 do Campus II do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). O mesmo foi recém-inaugurado e está operando com equipamentos e instalações novas, tendo capacidade para atender até 1500 refeições/dia e possuindo arejadores, em todos os pontos terminais de água. Dessa forma, o refeitório se mostrou bastante adequado aos propósitos deste trabalho.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar a viabilidade da redução do consumo de água pelo emprego de arejadores.

1.2.2 Objetivos específicos

- Mostrar o princípio de funcionamento dos arejadores;
- Diferenciar arejador convencional e de vazão constante;
- Diferenciar os tipos de fluxos de água aerada proporcionada pelos arejadores;
- Apresentar características específicas e aplicações diversas para os arejadores;
- Estabelecer correlação entre os volumes de ar contidos nos fluxos d'água e os correspondentes volumes de espuma formados;
- Mostrar a eficácia da incorporação de ar à água, efetuada pelos arejadores convencionais, como ação significativa na redução do consumo;
- Incentivar mudanças comportamentais nos leitores em relação à questão da água.

1.3 Estruturação da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Materiais e Métodos, Resultados e Discussões e Conclusões Gerais.

O primeiro capítulo apresenta a caracterização do problema a ser estudado e também dos objetivos a serem alcançados.

No capítulo Revisão Bibliográfica, são apresentados conteúdos importantes sobre a disponibilidade hídrica no Brasil, fontes alternativas de água, usos finais, economizadores de água, com ênfase para os incorporadores de ar (arejadores) e informações sobre o processo de formação de espuma.

No capítulo Materiais e Métodos, são fornecidas informações sobre o local da pesquisa, procedimentos para controlar os variados percentuais de ar incorporados à água, idealização e montagem do dispositivo elaborado para separar e medir ar e água, descrição das etapas relativas às medições dos consumos e procedimentos para avaliação das dimensões das bolhas de espuma utilizadas no processo.

No quarto capítulo, são apresentados os Resultados e Discussões relativos à implementação, no campo da pesquisa, de todos os procedimentos delineados.

As Conclusões Gerais são apresentadas no quinto capítulo, juntamente com as limitações desse trabalho e sugestões para estudos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O abastecimento humano é tido como o uso mais nobre da água, pois dele depende nossa sobrevivência. Além da água de beber, o homem utiliza a água para sua higiene pessoal, preparação de alimentos, limpeza, entre outros (SANCHES *et al*., 2002). Assim, o destino da água, em uma casa no Brasil, ou seja, cerca de 200 litros diários *per capita,* é o seguinte: 27% para o consumo (cozinhar, beber água), 25% para a higiene (banho, escovar os dentes), 12% para a lavagem de roupa; 3% para outros fins (lavagem de carro, por exemplo) e, finalmente, 33% para a descarga de banheiro (SANCHES *et al.*, 2002).

A demanda da água se dá em todos os setores do cotidiano, conforme os seus usos (doméstico, comercial, público, industrial e agrícola). Em relação ao uso agrícola, cerca de 60% dos recursos hídricos, do total destinado ao mesmo, são desperdiçados. Essa considerável perda tem como principal causa os usos inadequados (REBOUÇAS, 2004).

2.1 Disponibilidade hídrica no Brasil

A vazão média anual dos rios em território brasileiro é de 179 mil m³/s, correspondendo a, aproximadamente, 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos, cujo valor encontra-se na ordem de 1,5 milhões de m³/s. A região hidrográfica Amazônica detém 73,6% dos recursos hídricos superficiais do Brasil, ou seja, a vazão média desta região é quase três vezes maior que a soma das vazões das demais regiões hidrográficas nacionais. A Tabela 2 ilustra os valores para cada região hidrográfica do país (ANA, 2007).

Tabela 2 - Disponibilidade hídrica e vazões médias e de estiagem

	Vazão Média	Disponibilidade hídrica	Vazão de estiagem
	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)
Amazônica	132.145	73.748	73.748
Tocantins/Araguaia	13.799	5.447	2.696
Atlântico Nordeste Ocidental	2.608	320	320
Parnaíba	767	379	294
Atlântico Nordeste Oriental	774	91	32
São Francisco	2.846	1.886	852
Atlântico Leste	1.484	305	252
Atlântico Sudeste	3.162	1.109	986
Atlântico Sul	4.055	647	647
Paraná	11.414	5.792	3.901
Uruguai	4.103	565	394
Paraguai	2.359	782	782
Brasil	179.516	91.071	84.904

Fonte: ANA, 2007.

Segundo a ANA (2007), a Bacia Amazônica recebe uma contribuição adicional oriunda de territórios estrangeiros de 86.321m³/s em termos de vazão média. Da mesma forma, a Bacia do Uruguai recebe 878m³/s e a do Paraguai 595m³/s.

Ainda de acordo com a ANA (2007), em seu balanço quali-quantitativo, a relação entre demanda e disponibilidade hídrica, ao longo dos principais cursos d'água do Brasil é bastante confortável, tendo em vista que, do conjunto de rios nacionais analisados, 73% foram classificados como excelentes (Figura 3). Os elevados índicativos da demanda total/disponibilidade hídrica, encontrados para o país, devem-se principalmente à Região Hidrográfica Amazônica, que detém 73,6% dos recursos hídricos superficiais e contribui com apenas 4% da demanda de retirada.

Figura 3 - Situação dos principais rios brasileiros quanto à relação demanda/disponibilidade
Fonte: ANA, 2007.

2.2 Fontes alternativas de água

Diante de uma perspectiva de iminente escassez de água para algumas regiões brasileiras, especialmente para as regiões Sudeste e Nordeste, as fontes alternativas aparecem como uma opção viável e ecologicamente correta para suprir demandas de água menos nobres. Isso pode ocorrer por meio do reúso de efluentes tratados, como a água cinza e/ou o aproveitamento da água pluvial. Outras denominações encontradas na literatura que se referem a este tema são: "fontes alternativas de abastecimento", "substituição de fontes" e "águas não-convencionais".

A utilização de água pluvial é uma forma econômica de substituição de fontes, servindo até mesmo, para o consumo potável, se devidamente tratada. Já o reúso de águas cinza apresenta-se como uma alternativa para suprir as demandas não-potáveis. Desse modo, verifica-se que nos últimos anos, cresceu o interesse na busca por fontes alternativas, mesmo em regiões que possuem abastecimento de água por redes de distribuição. Além disso, segundo Rebouças (2004), o grande desafio, tanto da sociedade, quanto do seu meio técnico é mudar a ideia tradicional, historicamente adquirida, de que a única solução para os problemas locais e ocasionais de escassez de água é aumentar sua oferta, mediante a construção de obras grandiosas para captação da água que escoa pelos rios.

De acordo com o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (ANA;FIESP;SINDUSCON/SP, 2005b), consideram-se fontes alternativas de água todas aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo seu uso, tais como, águas de chuvas e reúso de efluentes tratados.

Em países como a Alemanha e Estados Unidos, segundo estimativas feitas, em 1999, pelo *International Environmental Technology Centre* (IETC) das Nações Unidas, em 2010, estas populações aceitarão o uso de 45% e 42% de água de chuva e 20% e 21%, respectivamente, de água cinza, em substituição à água potável (TOMAZ, 2003).

A água de chuva não pode ser negligenciada nas discussões sobre a falta de água, tanto para o consumo humano, quanto para o desenvolvimento de outras atividades. Na região Nordeste do Brasil, ela é fundamental para suprir as necessidades de uso doméstico e das atividades na agricultura. Nesta região, os rios são temporários e grande parte da água subterrânea disponível possui altos teores de sais (HANSEN, 1996).

Para ser considerada potável, a água da chuva deve ser tratada e sua qualidade deve atender a determinados padrões de potabilidade. O processo de tratamento tem um custo relativamente elevado, se justificando quando não há outra fonte para abastecimento doméstico, ou quando contribui para o atendimento de consumidores com elevados consumos de água potável.

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), o aproveitamento de águas pluviais não-potáveis, em áreas urbanas e afins, deve estar restrito a usos em que a água pode ser utilizada, após seu tratamento como, por exemplo, em: descargas de bacias sanitárias; irrigação de gramados e plantas ornamentais; lavagem de veículos; limpeza de calçadas, ruas e pátios; espelhos de água ornamentais e usos industriais que não necessitem de água potável.

Já o reaproveitamento ou reúso de água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo, ou outro fim. Na década de 1980, o termo "água de reúso" passou a ser utilizado com mais frequência, quando o custo da água de abastecimento foi se tornando cada vez mais elevado, onerando assim, o custo do produto final no processo de fabricação das indústrias.

Como a qualidade e o preço final dos produtos são fatores importantes para o sucesso de uma empresa, passou-se então, a procurar soluções para a redução dos custos de produção. Desta forma, procurou-se reaproveitar seus efluentes ao máximo (ALVERCA, 2004). Logo, o

reúso de água tornou-se uma prática comum em vários países para aplicações na agricultura, na indústria, em atividades recreativas, no uso doméstico, na manutenção de vazões, na aquicultura e na recarga de aquíferos subterrâneos (WESTERHOFF, 1984). Sendo assim, surgiu a necessidade de se estabelecer critérios relativos à fonte de água utilizada, especificando sua análise e confiabilidade do tratamento (ALVERCA, 2004).

Na natureza, a água é reciclada, obedecendo-se ao ciclo hidrológico e tornando-se um recurso limpo e seguro. A água usada também pode ser recuperada artificialmente e reutilizada em diferentes aplicações. A forma de tratamento, a qualidade da água resultante e o tipo específico de reúso definem os níveis dos tratamentos subsequentes necessários, bem como, os custos associados a eles (HESPANHOL, 2002).

A reutilização das águas residuárias é uma solução indicada, principalmente, para regiões onde há carência de água, porque garante o suprimento para outros fins, liberando os mananciais para o abastecimento humano, evitando a disposição de esgoto em mananciais, os quais, muitas vezes, secam durante grande parte do ano (OLIVEIRA, 2005).

As principais vantagens da reutilização de águas cinza é a preservação da água potável e a diminuição da demanda sobre os mananciais de água potável, devido à substituição de uma fonte de água de boa qualidade por outra inferior, mas que contém a qualidade adequada para o seu uso final. O efeito da vantagem da diminuição da demanda sobre os mananciais de água potável também deve ser avaliada por seu principal impacto agregado: a redução no consumo de energia elétrica necessária para o tratamento da mesma (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2004).

Desse modo, o reúso de água pode se dar de várias formas. O Quadro 1 apresenta algumas dessas principais formas de reúso e as suas características.

Quadro 1 - Formas de reúso e suas características

FORMAS DE REÚSO	CARACTERÍSTICAS
Direto	Uso planejado de esgotos tratados para certa finalidade, como uso industrial, irrigação e água potável. Nada é descarregado no meio ambiente.
Indireto	Quando a água, já utilizada, uma ou mais vezes para o uso doméstico ou industrial, é descartada nas águas superficiais, ou subterrâneas, e utilizada novamente, mas de forma diluída.
Planejado	Quando este é resultado de uma ação planejada, consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado.
Não-planejado	Caracterizado pela maneira não-intencional e não-controlada de sua utilização.
Potável	Com a finalidade de abastecimento da população.
Não-potável	Objetiva atender à demanda que tolera águas de qualidade inferior (fins industriais, recreacionais, irrigações, descargas em vasos sanitários, entre tantos outros).
Potável direto	O esgoto é recuperado por meio de tratamento avançado e é injetado diretamente no sistema de água potável.
Potável indireto	O esgoto, depois de tratado, é lançado nas águas superficiais, ou subterrâneas, para diluição, para uma purificação natural e para uma posterior captação e tratamento.
Formas de reúso Características Aquicultura	Consiste no aproveitamento dos nutrientes existentes no efluente tratado para a produção de peixes e plantas aquáticas, com a finalidade de se obter alimentos e/ou energia.
Manutenção de vazões	É uma forma de reúso planejada, e objetiva uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras naquele curso de água.
Recarga de aquíferos subterrâneos	Quando o aquífero subterrâneo é recarregado com efluente tratado para, entre tantos outros objetivos, se evitar o rebaixamento de seu nível e aumentar a disponibilidade de água.

Fonte: MANCUSO; SANTOS, 2003.

2.3 Usos finais

Os usos de água podem ser consuntivos, quando implicam na redução da quantidade hídrica, ou não-consuntivos, quando não afetam a sua quantidade. A Agência Nacional de Águas (ANA) estimou a vazão de retirada para usos consuntivos no país, para o ano de referência 2006, encontrando um valor de 1.841 m³/s. No Brasil, o setor de irrigação é o que possui maior parcela de vazão de retirada (cerca de 47% do total). Para o abastecimento urbano são necessários 26% do total, 17% para indústrias, 8% para dessedentação animal e apenas 2% para abastecimento rural (Figura 4).

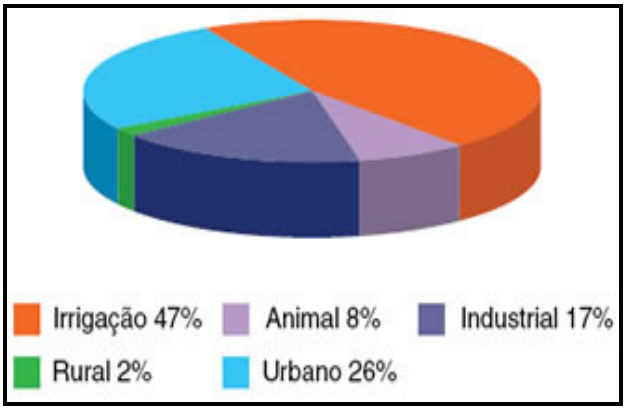

Figura 4 - Distribuição das demandas consuntivas por finalidade de uso
Fonte: ANA, 2006.

Por meio do estudo de usos finais de água de uma edificação, é possível indicar os dispositivos, os locais e as funções que utilizam a maior quantidade de água. Governos de diversos países já realizaram estudos de consumos, por tipo de equipamento, em atividades diárias domésticas. Dados levantados em três países – Estados Unidos, Suécia e Reino Unido – apontam a bacia sanitária como o principal consumidor de água no meio doméstico, sendo o responsável por aproximadamente 40% do consumo total, seguido de chuveiros e de lavatórios (SABESP, 2003 *apud* KAMMERS, 2004).

Este tipo de estudo começou a ser realizado no Brasil somente em meados da década de 1990 pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), em parceria com a Companhia de

Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e Universidade de São Paulo (USP) (USP/SABESP, 1996).

Segundo Tomaz (2000), as categorias de consumo de água em instalações prediais podem ser classificadas como: residencial, comercial, industrial e pública. O Quadro 2 descreve cada categoria de consumo.

Quadro 2 - Categorias de consumo de água em instalações prediais

CATEGORIAS DE CONSUMO	DESCRIÇÃO
Residencial	Residências unifamiliares e edifícios multifamiliares
Comercial	Restaurantes, hospitais e serviços de saúde, hotéis, lavanderias, autopostos e lavagem rápidos, clube esportivos, bares, lanchonetes e lojas.
Industrial	Indústrias químicas e de produtos afins, metalúrgica básica, de papéis, alimentação, equipamentos elétricos e eletrônicos, equipamentos de transportes e indústrias têxteis.
Público	Edifícios públicos, escolas, parque infantil, prédios de unidades de saúde pública, paço municipal, cadeia pública e todos os edifícios municipais, estaduais e federais existentes.

Fonte: TOMAZ, 2000.

Na escala das edificações, é necessário conhecer a distribuição do consumo, que varia por tipologia de edificação e, também, entre as edificações de mesma tipologia, de acordo com especificidades dos sistemas e usuários envolvidos (ANA *et al.*, 2005).

Em edificações residenciais, o uso interno de água costuma permanecer constante durante todo o ano, porém o uso externo varia extremamente, distribuindo-se desde a irrigação à lavagem de veículos (ANA *et al.*, 2005).

Nas edificações comerciais o uso de água é para fins domésticos (principalmente em ambientes sanitários), sistemas de resfriamento de ar condicionado e irrigação. Nas edificações públicas, como escolas, universidades, hospitais, terminais de passageiros de aeroportos, entre outros, o uso da água é muito semelhante ao das edificações comerciais,

no entanto, o uso dos ambientes sanitários é muito mais significativo, variando entre 35% e 50% do consumo total (ANA *et al.*, 2005).

Nas edificações comerciais e públicas não é muito simples determinar uma distribuição média, como é feito para o consumo residencial, devido à grande variedade na natureza das atividades exercidas nas mesmas. Na literatura específica, é possível encontrar alguns valores representativos, como no caso do consumo de hospitais, com 250 litros por leito por dia, os quais nem sempre representam a caracterização do consumo (NUNES, 2006).

Assim, a única forma de conhecer corretamente o consumo e a distribuição de água nessas edificações é por intermédio do monitoramento, que pode ser feito por leituras sistemáticas dos hidrômetros principais; aplicação de questionários e entrevistas com usuários e operadores; busca dos consumos em pontos específicos ou setores da instalação; testes de laboratórios em aparelhos hidro-sanitários ou especificações técnicas de seus fabricantes; instalação de sensores de fluxo nos locais de utilização e outras técnicas de levantamento (HAFNER, 2007).

2.3.1 Consumo per capita

O indicador mais comum relativo ao uso da água em áreas urbanas é o "consumo *per capita*", expresso em litros por habitante por dia (litros/hab/dia).

A quantidade mínima de água a ser utilizada por uma pessoa deverá ser de 20 litros diários e estar disponíveis a no máximo um quilômetro de sua residência. Esse valor refere-se estritamente ao necessário para beber e fazer a higiene básica pessoal. Se consideradas as necessidades para banho, preparo de alimentos e limpeza doméstica, o consumo mínimo deverá ser de 50 litros/hab/dia (OMS, 2009 *apud* ABC, 2010).

De acordo com a ONU (2007) o consumo *per capita* ideal para suprir as necessidades humanas é de 110 litros/hab/dia.

No Brasil, estudos realizados pelo Ministério das Cidades, no âmbito do Programa de Modernização do Setor de Saneamento, mostraram no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto de 2008 que o consumo *per capita* médio nacional é de 151.2 litros/hab/dia. Neste estudo, a Região Sudeste apresentou um consumo *per capita* de 178.1 litros/hab/dia, superior à média do país. Na outra extremidade, encontra-se a Região Nordeste com o menor consumo *per capita* médio nacional (110,5 litros/hab/dia). A Tabela 3 apresenta a variabilidade de consumos

médios de água do Brasil e de suas cinco regiões, em 2005, 2007 e 2008. Observam-se, pelos dados da Tabela 3, crescentes valores de consumo médios de água ao longo dos últimos anos, denotando que a melhoria do padrão de vida das populações traz, como consequência, um aumento na demanda de água.

Tabela 3 - Consumo médio de água em cada região brasileira em 2008

REGIÕES	CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA (L/HAB./DIA)		
	2005	2007	2008
Norte	111,7	134,1	135,7
Nordeste	107,3	114,8	110,5
Sudeste	174,0	173,8	178,1
Sul	124,6	134,9	137,2
Centro-Oeste	133,6	145,2	143,8
Brasil	141,0	149,6	151,2

Fonte: MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2008.

Com relação aos estados brasileiros, informações contidas no último relatório do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), datado de 2008, mostram como está dividido o consumo médio *per capita* de água nos mesmos. Pelos resultados do relatório, nos quais se verifica uma grande diversidade de consumos, o Estado do Rio de Janeiro desponta em primeiro lugar, com 236,3 litros/hab/dia, e o estado de Alagoas aparece em último, com apenas 89,2 litros/hab/dia. O consumo médio de água *per capita* estimado nas residências, é de 200 litros/hab/dia (GONÇALVES *et al.*, 2006).

Em nível internacional, o consumo médio *per capita* varia de país para país, como pode ser observado na Tabela 4. Em países europeus, o consumo médio está situado entre 150 e 250 litros/hab/dia, enquanto nos Estados Unidos este consumo é de 300 litros/hab/dia (SABESP, 2004).

Além de questões relacionadas à região, o consumo de água é influenciado por uma série de outros fatores: diferenças do clima; diferenças nos usos domésticos, comerciais e industriais; tamanho da edificação; tamanho da propriedade; uso público; idade e condição do sistema da distribuição (MIELI, 2001).

Tabela 4 - Consumo médio de água potável em alguns países

PAÍSES	CONSUMO (litros/hab/dia)
Austrália	270
Canadá	300
Escócia	410
Estados Unidos	300
Inglaterra	141
Suíça	159
Holanda	135
Brasil	133

Fonte: SABESP, 2004.

2.4 Economizadores de água

São componentes desse grupo, todos os aparelhos hidráulico-sanitários, desenvolvidos e fabricados com o objetivo de promover, durante sua utilização, maior eficiência hídrica, quando comparados aos aparelhos tradicionais.

Genericamente, a expressão "aparelhos hidráulico-sanitários" refere-se ao conjunto de peças, equipamentos, dispositivos e acessórios utilizados em ambientes onde normalmente se usa água: banheiros, cozinhas, áreas de serviço, áreas verdes, garagens, edifícios de usos diversos, residências, escritórios, comércios, serviços públicos, indústrias.

Desse modo, o objetivo da substituição de aparelhos e componentes convencionais por economizadores é reduzir o consumo de água. Entretanto, os valores percentuais de redução podem variar em função da pressão do ramal de alimentação, da frequência de usos, do tempo de acionamento e dos hábitos dos usuários. É importante observar também que, a substituição deve ser implementada quando o sistema estiver totalmente estável, ou seja, sem nenhuma perda de água por vazamentos (USP/SABESP, 1996).

Em várias partes do mundo, governos, instituições e empresas têm estimulado a economia de água por intermédio de diversos programas.

No Brasil, por meio do Programa de Uso Racional da Água (PURA), a SABESP e os fabricantes de equipamentos hidráulico-sanitários têm buscado produtos que proporcionem um menor consumo de água sem nada deixar a desejar ao conforto e à saúde de seus usuários.

Nos Estados Unidos, atualmente, a companhia de saneamento do estado da Califórnia, reembolsa o morador que comprovar a troca por uma bacia de baixo consumo, com um valor entre 50 e 75 dólares americanos e, com um valor entre 50 e 200 dólares americanos, aqueles que trocarem a máquina de lavar roupa por uma de maior eficiência hídrica. Assim, apenas com a troca da bacia sanitária, o consumo diminui de até sete galões americanos para 1,6 galões por descarga, ou de 26 litros para 6 litros por descarga, o que, segundo a companhia, representa uma economia de 20% no uso dentro das residências. Também são fornecidos, gratuitamente, os equipamentos expostos na Figura 5, como arejadores e outros dispositivos para mangueiras e chuveiros que visam a economia de água, assim como disponibilizam assistência técnica para a detecção de vazamentos (CALIFORNIA WATER SERVICE GROUP, 2007).

Figura 5 - Dispositivos para a redução do consumo de água
Fonte: CALIFORNIA WATER SERVICE COMPANY, 2007.

Na Europa, e especificamente em relação aos economizadores incorporadores de ar, a questão estética, além da questão ecológica e econômica, vem sendo explorada na tentativa de aumentar o estímulo para a utilização desses dispositivos. Naquele continente, parte dos arejadores é desenhada com inúmeras cores e temas. Na Figura 6, estão alguns exemplos dos mais de 150 modelos de arejadores de uma empresa especializada da Suíça.

Figura 6 - Arejadores coloridos e temáticos
Fonte: AQUACLIC, 2005.

O emprego desses dispositivos é um importante meio de reduzir o consumo de água, o qual costuma ter grande aceitação devido à fácil visualização do funcionamento e à confiabilidade depositada nesses produtos pelo público em geral. A ênfase na adoção desses economizadores ainda recebe respaldo, graças a características adicionais: Estão disponibilizados arejadores com mecanismos antivandalismo e compensadores de pressão, instalados em torneiras com sensores de tempo de acionamento. Assim, a economia de água ocorre com menor dependência da consciência do usuário. Ou seja, tais equipamentos proporcionam uma economia quase automatizada, sem a necessidade da colaboração contínua do usuário, o que os tornam especialmente recomendados para instalações sanitárias coletivas (AQUACLIC, 2005).

Ainda com relação aos aparelhos hidráulico-sanitários, têm influência nos consumos de água, tanto a tecnologia do equipamento, como suas características próprias de construção e de funcionamento. Para a aquisição desses aparelhos, convencionais ou economizadores de água, é importante observar o seguinte (USP/SABESP, 1996):

- Os produtos ofertados devem obedecer às especificações técnicas;
- Todos os produtos devem ter garantia mínima de 05 anos contra defeitos de fabricação de qualquer peça fora dos padrões exigidos nas especificações técnicas, além da garantia de reposição imediata.

Nas especificações técnicas de seus componentes, devem-se considerar as seguintes questões: pressão hidráulica disponível nos pontos de utilização; conforto e atividade do usuário; higiene; risco de contaminação; facilidade de instalação e manutenção; adequação ao sistema existente; avaliação técnico-econômica e, no caso de prédios públicos, nível cultural de quem os utilizam e ações de vandalismo (USP/SABESP, 1996).

Finalmente, deve-se considerar que os equipamentos economizadores de água se adéquam eficientemente aos usos residenciais, comerciais, públicos ou coletivos. Dessa forma, em edificações já existentes, recomenda-se, entre outras ações, a implantação de acessórios limitadores de vazão e arejadores, ou até mesmo, a substituição de aparelhos e componentes convencionais. Em novas edificações, o projeto deve prever, exclusivamente, aqueles mais apropriados para o uso racional da água (USP/SABESP, 1996).

2.4.1 Economizadores incorporadores de ar

São representantes desses dispositivos os arejadores convencionais e os de vazão constante. Estão inseridos, discretamente, no grupo dos dispositivos economizadores de água e recebem reduzida menção na literatura. As reduzidas referências aos mesmos encontram-se em descrições técnicas de fabricantes, agências e organizações envolvidas com a questão da água, não tendo sido encontrados trabalhos científicos relacionados especificamente aos arejadores.

Em geral, são dispositivos muito simples e de custo acessível, que podem ser adaptados sob a forma de acessórios em inúmeros modelos de torneiras, os quais utilizam o princípio de Venturi, promovendo a incorporação de consideráveis quantidades de ar ao fluxo d'água.

Em funcionamento, proporcionam diversos benefícios aos usuários, sendo o mais relevante e objeto desse trabalho, a economia. São encontrados no mercado em diversas formas, modelos, acabamentos e mesmo sob as formas coloridas e temáticas, como os vistos acima (Figura 6). Na literatura, são conhecidos como "arejadores", embora a expressão "aeradores" também os designem de forma secundária.

2.4.1.1 Origem

Referenciando-se na literatura, verifica-se que a origem desses dispositivos teve remotas raízes em movimentos pro ambiente existentes já na década de 1970. Dentre eles, a organização *U.S. Green Bulding*

Council, com sede nos Estados Unidos e que não possui fins lucrativos. É de reconhecimento internacional pela consolidação do sistema de classificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), que certifica as edificações ambientalmente sustentáveis. Para se obter o selo de construção sustentável é necessário seguir os critérios estipulados pelo LEED, que se dividem em cinco grandes áreas, sendo uma delas o uso racional de águas.

Segundo a NEOPERL (2010) empresa suíça com sede em Basle, que trabalha no desenvolvimento e fabricação de economizadores de água, a mesma tem fabricado arejadores, desde fins da década de 1960. O grande impulso, entretanto, ocorreu a partir de 1990, por meio de efetivas ações governamentais desenvolvidas na mesma direção. Entre elas podem ser citados, o *The Energy Policy Act* (EPA), editado nos Estados Unidos em 1992, e incentivos da Agência Européia do Ambiente (EEA) em 2008. No primeiro, consta em seu capítulo 77, parágrafo 6201: "Conservar a água através da melhoria hídrica dos produtos hidro-sanitários e dispositivos correlacionados." No segundo, é significativa a expressão: "Ao equipar as torneiras com dispositivos arejadores, o fluxo de água parecerá mais forte, mas terá menos água e mais ar. As torneiras com arejadores podem reduzir o fluxo de água de 30 a 40%."

Atualmente, os produtos economizadores têm sido utilizados com maior intensidade em diversos países, e entre eles, os arejadores.

2.4.1.2 Princípio de funcionamento

Durante o desenvolvimento desse trabalho, diversas consultas à literatura, no sentido de obter explicação física para aspiração de ar pelos arejadores, foram realizadas. Observou-se que manuais de fabricantes e normas técnicas fornecem inúmeras informações sobre os dispositivos, mas praticamente nada fornecem em relação ao seu princípio de funcionamento. Alguns documentos mencionam apenas que funcionam de acordo com o princípio de Venturi. Da mesma forma, trabalhos científicos que abordassem especificamente o assunto não foram encontrados.

Desse modo, e não descartando a existência, na literatura, de explicações físicas para a entrada de ar para o interior do arejador, iniciou-se a fase de análises e observações minuciosas de alguns dispositivos em funcionamento. Desmontagem e remontagem dos mesmos foram realizadas por diversas vezes, procedendo-se à análise de todos os componentes e câmaras existentes em seu interior.

Após diversas tentativas, recorrendo-se ao princípio de Venturi e, tendo como referência a Figura 7, chegou-se à seguinte explicação:

Figura 7 - **Diagrama genérico do arejador**
Fonte: EP/USP

Inicialmente, a água sob pressão estática ou dinâmica proveniente da tubulação, alcança a câmara "A" e depara com o primeiro obstáculo, identificado na Figura 7 com a letra "B" e o nome de arruela retentora.

Nessa arruela, existem vários microbocais (em média 20 nos modelos mais comuns), por onde a água proveniente da câmara "A" é forçada a passar, transformando a energia potencial (pressão) em perda de carga, devido ao atrito e em energia cinética incorporada à velocidade da água. Sob essa condição, chega à câmara "C", promovendo nesse compartimento, e em conformidade com o princípio de Venturi, pressão inferior à atmosférica

O ar que se encontra então, no meio ambiente, sob pressão atmosférica, é forçado para o interior do mesmo, proveniente de sua extremidade inferior e fluido pelas aberturas laterais até alcançar a câmara "D". Estabelece-se dessa forma, a incorporação de ar à água.

Em seguida, a água contendo ar, é forçada a passar por uma peneira de mistura, conforme esquematizado na Figura 7. A partir dessa, a mistura chega ao meio exterior, formando o fluxo de água aerado. Verifica-se ainda que, ao passar por todos esses obstáculos, a água tem sua vazão real reduzida consideravelmente, em relação a uma torneira similar que não disponha do arejador.

2.4.1.3 Tubo de Venturi

Por meio de uma célebre experiência, Giovanni Battista Venturi (1746 -1822), cientista italiano, provou no século XVII, que a pressão na coroa de depressão de um bocal é realmente inferior à atmosférica. Nessas condições, a descarga de água, que em um orifício comum, ocorreria contra a pressão atmosférica, com a adição de um ou vários bocais, passa a ser feita a uma pressão inferior à atmosférica. A existência de bocais permite a formação e a manutenção de coroas de depressão (NETTO et al., 1998).

Para melhor elucidação do princípio de Venturi, pode-se considerar o tubo de Venturi esquematizado na Figura 8.

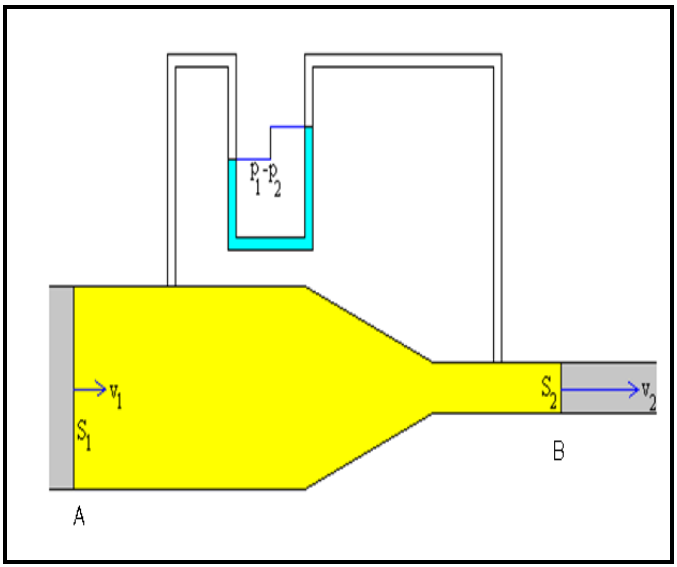

Figura 8 - Tubo de Venturi
Fonte: SC.EHU, 2010.

Referindo-se à Figura 8, serão mostradas as variações de velocidades e pressões em um fluido incompressível (ρ constante), ao passar por uma constrição. Em A, a pressão é p1, a velocidade é v1 e aé área S1. Em B, os valores dessas mesmas grandezas são p2, v2 e S2. Seja S2 menor do que S1. Aplicando os princípios hidráulicos da continuidade e de Bernoulli, tem-se:

$$(p_1/\rho) + (v_1^2/2) = (p2/\rho) + (v2^2/2) \quad (1)$$

e

$$S_1 v_1 = S2\ v2 \quad (2)$$

Ao se resolver estas duas equações, obtém-se:

$$p_1 - p2 = \tfrac{1}{2}\rho\, v_1^2 \{(S_1/S2)^2 - 1)\} \quad (3)$$

Como S1 > S2, então v2 > v1 e, pela equação (1), p1 > p2, fica evidenciado então que, numa constrição, a velocidade do fluido sofre elevação enquanto a pressão apresenta redução (RESNICK et al., 1996).

2.4.1.4 Arejadores convencionais

Os arejadores convencionais, também denominados de arejadores "padrão", foram inicialmente desenvolvidos com a função de misturar ar à água, objetivando a redução do consumo. Pode-se dizer que compõem a primeira geração desses dispositivos. No projeto dos mesmos, não foram contemplados aspectos técnicos e de funcionalidade, os quais, só mais recentemente, foram idealizados.

Auto-ajustes de vazões devido às variações de pressões nas redes hidráulicas, limitações máximas de vazões impostas por regulamentos, ruídos, destruição por vandalismo e até aspectos decorativos não fazem parte dessa geração. Em geral, e segundo os principais fabricantes mundiais, já estão sendo substituídos em diversos países desenvolvidos. No Brasil, entretanto, nota-se uma predominância na utilização dos mesmos.

De acordo com a NEOPERL (2010) diversos produtos convencionais de redução do consumo de água, incluindo os arejadores, apenas reduzem a taxa de fluxo. Isso significa que existe vazão suficiente de água numa torneira quando a pressão é baixa. Por outro lado, quando a pressão é elevada, ocorre desperdício. A empresa ressalta também que

em diversos países, um número elevado de torneiras ainda está sendo produzido sem qualquer forma de restringir ou controlar o fluxo de água.

O Gráfico 1 mostra as vazões nesses arejadores, em função das pressões a que são submetidos.

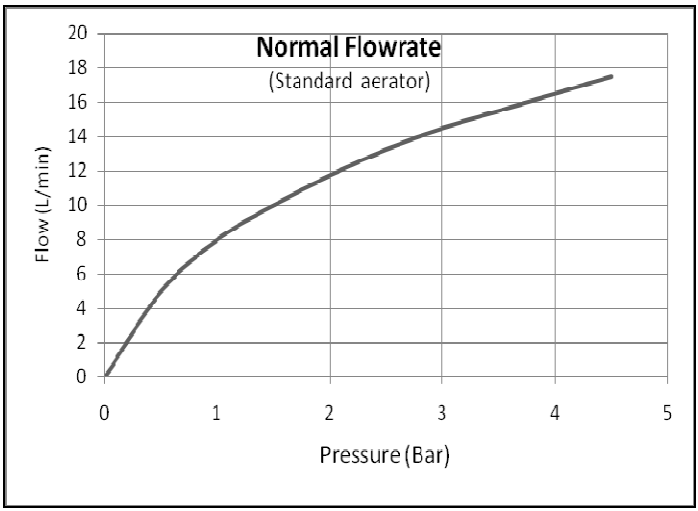

Gráfico 1 **-** Vazão x Pressão - Arejador Padrão
Fonte: NEOPERL, 2010

Segundo a NEOPERL (2010) os arejadores são encontrados em praticamente todas as cozinhas e banheiros do mundo desenvolvido. Eles vêm geralmente como componentes em torneiras, chuveiros, ou qualquer outro dispositivo que facilita a execução de água. Entretanto, os arejadores convencionais não foram regulamentados por norma quanto à função de poupança de água. Neles não existe limite da taxa para fluxo de água quando a pressão varia. Dessa forma, grandes volumes de água são desperdiçados (Figura 9).

Figura 9 - Torneira com arejador convencional e seus componentes
Fonte: NEOPERL, 2010.

De acordo com a ANA *et al.* (2005), o arejador convencional é um dispositivo regulador e abrandador do fluxo de saída de água, o qual é usualmente montado na extremidade de torneiras e bicas em geral, destinado a promover o direcionamento do fluxo de água, evitando dispersões laterais e amortecendo o impacto do fluxo de água contra as partes que estão sendo lavadas. É também um componente que propicia redução de até 50% no consumo de água, sem comprometimento das operações de lavagem, sendo empregado desde o uso doméstico até cozinhas industriais. Os arejadores reduzem a vazão e os volumes de água utilizados e são indicados para instalação em torneiras e chuveiros.

A NBR 11535 (ABNT, 1991), "Misturadores para pias de cozinha tipo mesa", especifica arejador como dispositivo opcional removível utilizado na saída da bica da torneira e destinado a evitar dispersão do jato de água, dotado de orifícios na superfície lateral, aparentes ou não, que possibilitam a entrada de ar.

Observa-se que a NBR 11535, omite funções importantes a que devem atender os arejadores modernos. Em seu contexto, não são mencionados: Limites e definições de vazões; compensação de pressão; eficiência hídrica; aplicações específicas, mecanismos antivandalismo; limites de ruídos nas tubulações hidráulicas e aspectos decorativos.

2.4.1.5 Arejadores de vazão constante

Objetivando contornar o problema relacionado à variação da vazão em função da pressão, o que é uma característica original dos arejadores convencionais, foram desenvolvidos dispositivos que limitam

a vazão, independentemente das pressões. Os mesmos são elastômeros, em forma de anel, que estrangulam a passagem de água sob pressões elevadas e a liberam sob pressões reduzidas.

De acordo com a NEOPERL (2010), os dispositivos limitadores, denominados de PCA (Arejador Compensador de Pressão); CFR (Regulador de Fluxo Constante) ou WSA (Arejador Economizador de Água) são instalados na entrada de água do módulo arejador convencional e foram projetados para proporcionar de 40 a 70% de redução no consumo de água.

A tecnologia PCA é constituída de elementos de borracha de alta precisão que, achatam-se com água sob pressões crescentes. Desta forma, a saída de água é regulada por meio de uma passagem reduzida, e a taxa de fluxo é fixa, independentemente das pressões da água na entrada (Figura 10).

Figura 10 - Arejador convencional e arejador com compensação de pressão
Fonte: NEOPERL, 2010.

A Figura 11 apresenta uma vista frontal do dispositivo Neoperl PCA. Nela observam-se três fases de deformação do anel circular de borracha, correspondentes a três níveis de pressões.

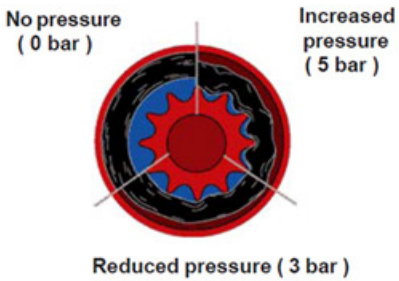

Figura 11 - Dispositivo compensador de pressão
Fonte: NEOPERL, 2010.

O Gráfico 2 mostra as vazões nos arejadores Neoperl PCA, que, em função das pressões, ficam limitadas a 6,0L/min (Curva inferior). Mostra ainda o potencial de economia em relação às vazões crescentes dos arejadores convencionais, quando submetidos à crescentes pressões (Curva superior).

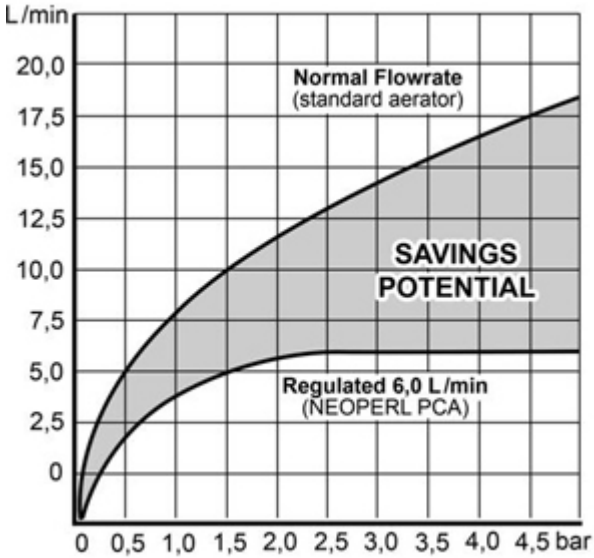

Gráfico 2 **-** Vazão x Pressão - Arejador Padrão e Arejador PCA
Fonte: NEOPERL, 2010.

De acordo com a RST (2010) no arejador RST-CF8 está incorporada uma avançada tecnologia de controle do fluxo de água em função da vazão. Esta, além de oferecer os benefícios dos arejadores compensadores de pressão usuais, permite uma sobrevida considerável do anel de borracha, ao excluí-lo do contato direto com a água. Este modelo está disponível também com proteção antivandalismo (Figuras 12 e 13).

Figura 12 - Arejadores RST-CF8 com e sem dispositivos antivandalismo
Fonte: RST, 2010.

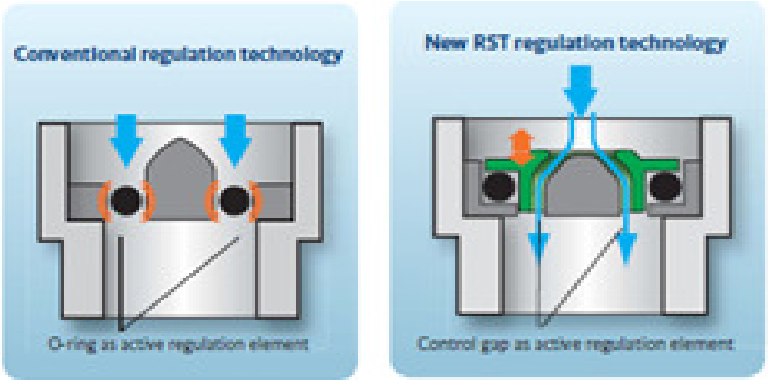

Figura 13 - Dispositivos PCA com diferentes tecnologias
Fonte: RST, 2010.

Segundo a AQUACLIC (2009), uma torneira normal desregulada libera entre 10 e 17 litros de água/min., dependendo da pressão. Quanto mais se abre a torneira, mais água é perdida (curva superior da Figura 14). A curva inferior da mesma Figura 14 mostra como o arejador de vazão constante, limita a vazão em no máximo 6 litros/min., mesmo que a torneira seja aberta ao máximo.

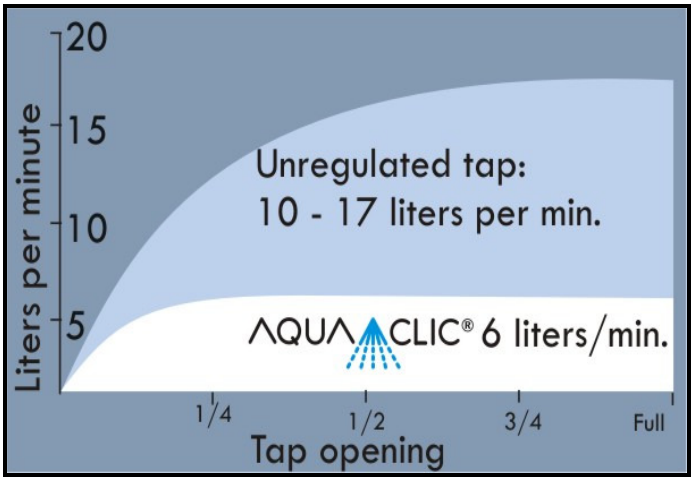

Figura 14 - Curva do arejador de vazão constante
Fonte: AQUACLIC, 2009.

Reportando-se à literatura nacional, composta essencialmente por entidades e fabricantes, serão apresentadas a seguir algumas citações em relação aos arejadores de vazão constante. Observa-se que, de uma forma geral, as mesmas são acentuadamente vagas ou inexistentes.

De acordo com a ANA *et al.* (2005), arejador de vazão constante, além das características de um arejador convencional, possui um dispositivo que limita a vazão de torneiras em 6 litros/min., proporcionando uma redução adicional do consumo em até 30%, quando comparado com os convencionais. Este aumenta o conforto do usuário, deve receber manutenção a cada seis meses e é recomendado para pressões acima de 100 kPa.

A NBR 11535 (ABNT, 1991), "Misturadores para pias de cozinha tipo mesa", nada menciona em relação ao arejador de vazão constante.

A Blukit Metalúgica (2010) comenta em seu *blog*, que o arejador, além de proporcionar conforto, por diminuir os respingos, é importante para a economia de água. Uma torneira com arejador, por exemplo, pode economizar até 60% em relação a uma torneira sem o mesmo recurso. A empresa nada menciona sobre arejador de vazão constante e, somente agora, em 2010, está lançando, como novidade, um modelo convencional com proteção antivandalismo.

Para a FABRIMAR (2008), o arejador de vazão constante é um pequeno acessório instalado na saída da água da torneira. O equipamento direciona o fluxo de água, evitando a dispersão do jato, além de reduzir os espirros e respingos de água. Como é de vazão constante, cria um fluxo contínuo limitado ao valor de 6 litros/min., mesmo com o registro aberto ao máximo.

A empresa lembra ainda que trata-se de um dispositivo de baixo custo bastante eficiente e pode ser rosqueado em torneiras convencionais. É de fácil instalação e seu uso tem crescido entre os brasileiros. A Figura 15 mostra o arejador Fabrimar e o local de sua instalação na torneira.

Figura 15 - Arejador de vazão constante
Fonte: FABRIMAR, 2008.

De acordo com a DOCOL (2008), além do arejador convencional, pode-se usar o arejador de vazão constante, que possui as mesmas funções e ainda limita a quantidade de água que sai pela torneira. É fabricado por esta empresa e recebe a denominação de *Perlator Docol*, podendo gerar uma economia de até 50% (Figura 16).

Figura 16 - Aerador Perlator PCA
Fonte. DOCOL, 2008.

De acordo com a NEOPERL (2010), a denominação *Perlator PCA* é uma das marcas sob as quais os seus produtos são comercializados.

2.4.1.6 Tipos de fluxos

Serão apresentados a seguir os tipos de fluxos proporcionados pelos arejadores. É importante ressaltar que as diferenciações apresentadas pelos mesmos, têm como finalidades: ou se adequarem às condições das instalações, ou possibilitarem aplicações específicas.

O fluxo aerado, mostrado na Figura 17, ocorre quando o arejador introduz ar na água, produzindo um fluxo de água volumoso, numa tonalidade branca mais acentuada, leve de tocar e sem respingos. São indicados para todos os tipos de instalações onde existam pressões suficientes para ocorrer o processo de aeração (NEOPERL, 2010).

Figura 17 - Fluxo Aerado
Fonte. NEOPERL, 2010.

O fluxo laminar, mostrado na Figura 18, ocorre quando o arejador produz um fluxo de água não-aerado. É ideal para aplicações que necessitam de um maior fluxo real de água ou atividades médicas e hospitalares, nas quais não é conveniente misturar ar na água (NEOPERL, 2010).

Figura 18 - Fluxo Laminar
Fonte. NEOPEL, 2010.

O fluxo *spray*, mostrado na Figura 19, ocorre em locais com baixas pressões, em que arejadores usuais não realizam, de forma adequada, as suas funções. Nessas condições, os dispositivos *spray* fornecem uma cobertura completa das mãos durante a lavagem. O fluxo de água é alterado em um feixe de pequenos jatos, semelhantes aos de minichuveiros (NEOPERL, 2010).

Figura 19 - Fluxo Spray
Fonte: NEOPERL, 2010.

2.4.1.7 Pulverizadores - Características específicas e aplicações

Pulverizadores ou dispositivos com fluxo de água tipo *spray* são indicados para locais com reduzidas pressões.

Segundo a FABRIMAR (2008) o pulverizador é um acessório colocado na saída da torneira. Sua principal função é alterar o jato de água em um feixe de pequenos jatos, similar a um chuveirinho. A instalação do pulverizador reduz a vazão entre 0,06 L/s e 0,12 L/s.

O modelo *PCA Spray*, mostrado na Figura 20, é indicado para aplicações em locais de reduzidas pressões. Mesmo nessas condições, o modelo possibilita compensação de pressão (NEOPERL, 2010).

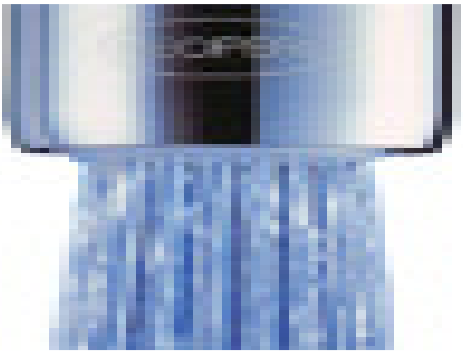

Figura 20 - Pulverizador PCA Spray
Fonte: NEOPERL, 2010.

Ainda com o objetivo de atenuar o problema da baixa pressão, foi lançado, recentemente, o modelo *PCA Cascad*e, mostrado na Figura 21. O mesmo oferece um melhor desempenho de fluxo sob reduzidas pressões. Introduz ar no fluxo de água, produzindo um fluxo suave ao toque e reduz significativamente os respingos, além de possuir compensação de pressão, proporcionando um fluxo de gotículas de água constante em todas as condições. É uma unidade de pequeno porte e apresenta outras funções, incluindo definição de vazão e atenuador de ruídos nas tubulações hidráulicas (NEOPERL, 2010).

Figura 21 - Pulverizador PCA Cascade
Fonte: NEOPERL, 2010

2.4.1.8 Arejadores - Características específicas e aplicações

A Figura 22 mostra o arejador modelo *PCA Care.* É indicado para locais que necessitam de um fluxo não aerado, tais como instalações médicas e hospitalares. Esse arejador proporciona um jato de água cristalino, à prova de respingos e evita a entrada de bactérias, normalmente existentes no ar, para o interior do fluxo (NEOPERL, 2010)

Figura 22 - Arejador PCA Care
Fonte: NEOPERL, 2010

A Figura. 23 mostra o arejador para torneiras de pias e lavatórios, modelo 0,5 GPM (Vazão de 0,5 galão por minuto) ou 1,90 litros por minuto. É um modelo básico e fornece um mesmo padrão de fluxo *spray* com uma reduzia vazão. É adequado para lavatórios públicos e funções de baixo consumo de água, tais como escovar os dentes, lavar as mãos, frutas, verduras e legumes. Possui também proteção contra vandalismo (DRACO, 2010).

Figura 23 - Arejador Draco 0,5 GPM
Fonte: DRACO, 2010

Já o modelo 1,5GPM (5,7 litros por minuto), mostrado na Figura 24, é semelhante ao 0,5GPM e adéqua-se bem às funções de pias de cozinha, em que maiores vazões se fizerem necessárias (DRACO, 2010).

Figura 24 - Arejador Draco 1,5 GPM
Fonte: DRACO, 2010

A Figura 25 mostra o arejador giratório de duplo *spray* 1,5 GPM (5,7 litros por minuto), o que possibilita um giro de 360 graus e dois tipos de fluxos *spray*, permitindo direcionar o fluxo de água para onde for necessário. O *spray* duplo é obtido puxando-se a extremidade do mesmo para baixo, ajustando-se assim, um fluxo *spray* semiaerado de maior intensidade e empurrando-se para cima, para obter um suave fluxo de gotículas de água. Está disponível também na versão 2,0 GPM (7,6 litros por minuto), possibilitando atender a locais que demandem maiores vazões (AM CONSERVATION, 2010).

Figura 25 - Arejador giratório de duplo spray
Fonte: AM CONSERVATION, 2010

Segundo a NEOPERL (2010), a maioria dos arejadores de cozinha giratórios, altera seus fluxos de aerado para *spray*, puxando-se a extremidade de seu próprio copo para baixo ou empurrando-a para cima. Este tipo de arejador pode provocar defeitos na extremidade da torneira

assim como no próprio sistema giratório. O arejador de cozinha giratório de duplo *spray* por torção, modelo *Utility Savers Kitchen Swivel Spray*, mostrado na Figura 26, com vazões de 1.5 GPM e 2.2 GPM (5,7 e 8.3 litros por minuto), é um modelo recém-lançado que possibilita alterar o fluxo de um jato areado para *spray* com uma simples torção na extremidade do arejador. Eliminam-se, dessa forma, quaisquer *stress* mecânicos para o dispositivo arejador, assim como para a própria torneira. São adequados para aplicações em *retrofit*.

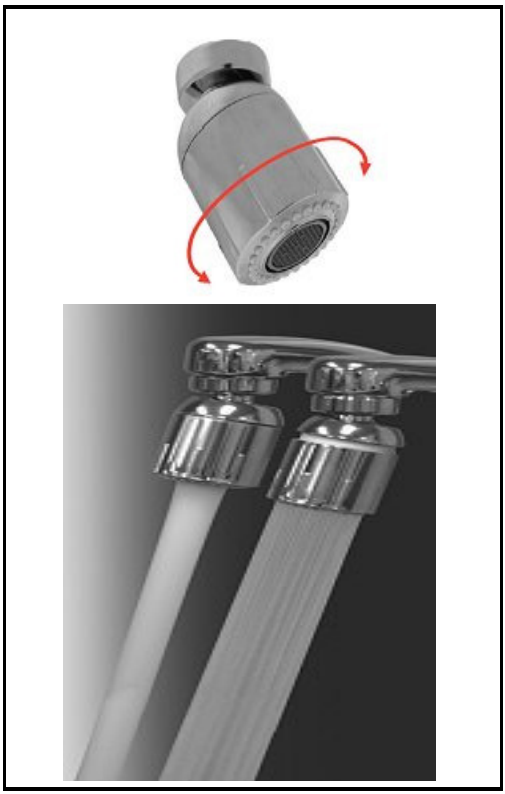

Figura 26 - Arejador de cozinha giratório e de duplo *spray* por torção
Fonte: NEOPERL, 2010

A Figura 27 mostra o arejador modelo: Torneira economizadora um toque *on/off*. Esta eficiente torneira com arejador aumenta a velocidade da água e reduz o volume utilizado. É equipada com uma

sensível alavanca, que pode ser acionada com as pontas dos dedos, e permite reduzir temporariamente o fluxo de água, sem causar distúrbios na temperatura da mesma. Este conveniente recurso permite ao usuário, reduzir o fluxo de água enquanto faz a barba, escova os dentes ou lava a louça, sem ter de remixar a água quente e fria (AM CONSERVATION 2010).

Figura 27 - Torneira Economizadora um Toque *on/off*
Fonte: AM CONSERVATION, 2010

A Figura 28 mostra o arejador de torneira de 1.0 GPM (3,7 litros por minuto), não-gaseificador e de fluxo ajustável por torção. Além de água, economiza energia e possibilita fluxos *spray* múltiplos. Esses podem ser reduzidos ou ampliados, tornando-se mais adequados para lavagens de escovas de dente e lâminas de barbear (AM CONSERVATION, 2010).

Figura 28 - Arejador de fluxo ajustável por torção
Fonte: AM CONSERVATION, 2010

A Figura 29 mostra o arejador de fluxo a vácuo, de alta performance, que utiliza baixíssima vazão de água (0,10 GPM) ou (0,375 litros por minuto). Funciona com um fluxo a vácuo produzido por uma miniválvula *booster*, onde a água é aerada e compactada sob a pressão de vácuo. Devido à força produzida na câmara de vácuo, a mesma deixa o arejador em um fluxo com elevada velocidade. Dessa forma, o usuário tem a sensação de um ventilador, utilizando-se de 3 a 5 vezes mais água. Está disponível também nas versões 0,5 e 0.7 GPM (1,9 e 2,6 litros por minuto), possibilitando atender aplicações que demandem maiores vazões (NEOPERL, 2010).

Figura 29 **-** Arejador de fluxo a vácuo, de alta performance
Fonte: NEOPERL, 2010

A Figura 30 mostra o arejador de luxo, de fluxo ajustável, para torneiras de cozinha. Trata-se de um arejador de baixa vazão que opera na faixa de 0,5 a 1,0 GPM (1,9 a 3,8 litros por minuto). Ajustes para vazões inferiores atendem a situações tais como lavar vasilhames com a água fluindo. Se o usuário preferir encher a cuba da pia para proceder a lavagem, ajustes para vazões superiores se tornam mais adequados. Além disso, possui uma sensível alavanca que pode ser acionada com as pontas dos dedos, permitindo reduzir temporariamente o fluxo de água (NIAGARA CONSERVATION, 2010).

Figura 30 **-** Arejador de luxo, de fluxo ajustável, para pia de cozinha
Fonte: NIAGARA CONSERVATION, 2010

Procurou-se, nessa seção, apresentar conteúdos esclarecedores sobre arejadores, assim como, sobre o princípio de funcionamento dos mesmos.

Foram diferenciados arejadores convencionais e de vazão constante, assim como os tipos de fluxos proporcionados pelos arejadores, os quais também foram diferenciados. Por fim, mostraram-se características e aplicações específicas para arejadores disponibilizados por diversos fabricantes.

2.5 Formação de espuma

Em tudo que se mencionou anteriormente em relação aos arejadores e à economia de água proporcionada pelos mesmos, o ar misturado aos fluxos de água se apresentou como elemento de primordial importância.

Para se estabelecer meios de quantificação dos percentuais de ar incorporados, foram necessários procedimentos específicos. Com esse propósito, recorreu-se ao processo de formação de espuma Este possibilitou mensurar os percentuais de ar contidos nos fluxos de água de forma indireta, por intermédio dos correspondentes volumes de espuma formados. Dessa forma, tornou-se oportuno apresentar informações básicas existentes na literatura sobre assunto.

Segundo Ivanov (1988), a espuma é um sistema disperso que consiste de bolhas de gás separadas por camadas líquidas. Esse sistema

disperso é chamado de emulsão de gás em um líquido, quando a fração de gás no sistema é reduzida e as bolhas não estão interagindo. Se o volume de gás aumenta, as bolhas começam a ter contato umas com as outras e, dependendo do tipo e concentração do surfactante, cada uma dessas bolhas toma, ou adquire, uma forma poliédrica. A espuma que consiste de tais poliédricos é chamada de ”Espuma poliédrica” (Figura 31).

A estabilidade das espumas, ao contrário da mistura e da expansão difusa das bolhas, é caracterizada pela variação da dispersividade com o tempo. Em espumas que estão em contato com a atmosfera, seu volume total diminui com o tempo. Esse processo ocorre, simultaneamente, com o colapso interno da espuma, o qual não altera o volume da mesma. O tempo para sua completa destruição, ou para o desaparecimento de uma porção de uma coluna de espuma, é um parâmetro largamente usado como a característica da estabilidade da espuma (IVANOV, 1988).

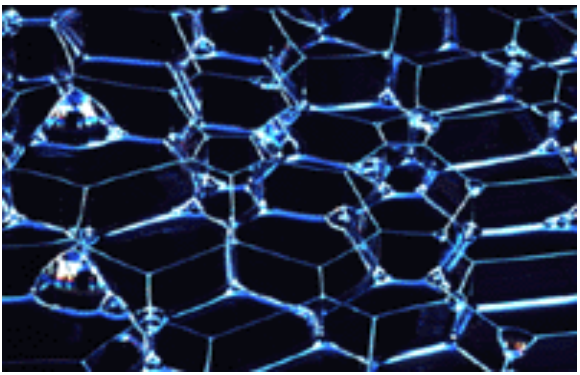

Figura 31 - Estrutura da espuma em poliedro de faces planas
Fonte: DEBACHER, 2009.

De acordo com Figueiredo *et al.* (1998), o arranjo estrutural das bolhas formadoras de espuma segue as leis postuladas por Plateau. Segundo essas leis, três filmes adjacentes encontram-se, ao longo de uma linha curva com ângulos de 120° entre eles, ou quatro linhas, sendo, cada uma delas, formada pela intersecção de três filmes, que se encontram em um ponto, com ângulos de 109° 28” 16' (ângulo tetraédrico) entre cada par de linhas adjacentes. Quando ocorre a ruptura de um filme da espuma, as bolhas rearranjam-se de modo a manter essa conformação.

As colunas de líquido formadas pelo encontro dos filmes, os chamados canais de Plateau, assemelham-se a um triângulo de faces curvas. Esses canais estão interconectados pelo filmes, estruturando a rede que constitui a fase líquida da espuma. A partir do momento de formação de um volume de espuma, três processos podem ocorrer simultaneamente: rearranjo das células, devido à difusão de gás entre as bolhas; drenagem do filme; e ruptura da célula. A progressão desses processos determina o tempo de vida da espuma.

De acordo com Klarreich (2000), a força que permite a existência de bolhas de espuma é conhecida como tensão superficial e tem como causa a atração entre as moléculas de uma membrana de surfactante. Uma vez que as moléculas tendem a se unir, formando uma grande área superficial de elevada energia, a membrana deforma-se naturalmente, em direção à superfície de menos área e menor energia.

A Tabela 5 apresenta valores experimentais de tensões superficiais para diferentes líquidos, em diversas temperaturas.

Tabela 5 - Valores de tensões superficiais para diferentes líquidos

Líquido em contato com o ar	**Temperatura (°C)**	**Tensão superficial (dina/cm)**
Benzeno	20	28,9
Carbono tetra clorídrico	20	26,8
Etanol	20	22,3
Glicerina	20	63,1
Mercúrio	20	465,0
Óleo de oliva	20	32,0
Solução de água e sabão	20	25,0
Água	0	75,6
Água	20	72,8
Água	60	66,2
Água	100	58,9
Oxigênio	-19,3	15,7
Neon	-247	5,15
Hélio	2,69	0,12

Fonte: JONES, 2009.

Foram apresentados nesse capítulo, conhecimentos básicos relevantes extraídos da literatura sobre: disponibilidade hídrica no Brasil, fontes alternativas de água, usos finais, consumo *per capita*, economizadores de água e formação de espuma.

Nos três primeiros conteúdos, mostrou-se uma visão ampla sobre as questões relacionadas com a água.

No quarto conteúdo concentrou-se a essência e o foco desse trabalho, ou seja, os economizadores de água, com ênfase nos arejadores.

No último conteúdo, informações sobre o processo de formação de espuma, o que forneceu elementos que permitirão medir, no decorrer desse trabalho e de forma aceitável, os percentuais de ar incorporados aos fluxos de água.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse capítulo, constam informações gerais e específicas sobre o local da pesquisa; procedimentos para especificação e uniformização dos componentes arejadores que foram empregados no trabalho; idealização e montagem de dispositivo separador de ar e água; intervenção nas quantidades de ar absorvidas pelos arejadores; elaboração dos modelos de películas para atuarem, com diferentes percentuais de aeração nas torneiras do refeitório; medições dos consumos diários de água, correlacionando-os aos respectivos números de refeições servidas a cada dia; informações sobre a forma e período em que os dados de consumo foram levantados e, por fim, procedimentos para obtenção de dados relativos às dimensões das bolhas de espuma utilizadas nos experimentos.

3.1 Local da pesquisa

A pesquisa foi realizada em um refeitório localizado no prédio 02 do Campus II do CEFET-MG. Este Campus localiza-se à Av. Amazonas, nº 7675 - bairro Gameleira (Figura 32), região oeste da cidade de Belo Horizonte/MG.

O refeitório do Campus II do CEFET/MG foi recém inaugurado e está operando com equipamentos e instalações novas, tendo capacidade para atender 1500 refeições/dia, entre almoço e janta. Possui arejador em todos os pontos de consumo de água, exceto mictórios e bacias sanitárias. Dessa forma, este espaço se apresentou bastante adequado aos propósitos deste trabalho. A Figura 33 mostra, para fins de situação, a planta geral do prédio 02, com referência à área específica da cozinha.

Figura 32 - Vista aérea do Campus II do CEFET-MG
Fonte: http//maps.google.com.br/
Nota: A - Avenida Amazonas
B - Área do Campus
C - Prédio 02 - Refeitório

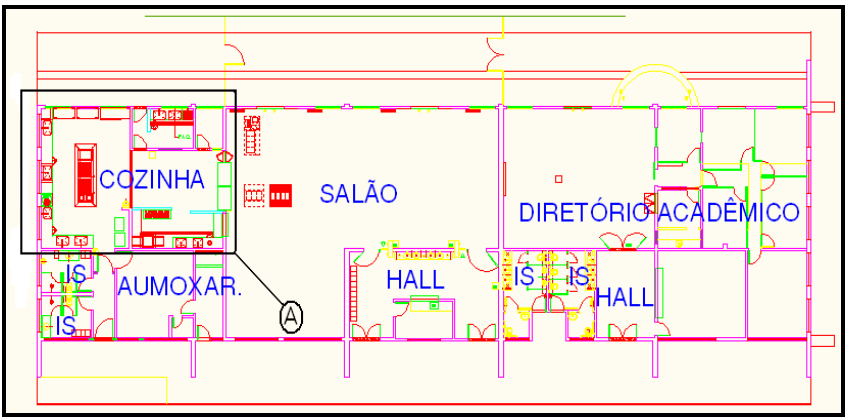

Figura 33 - Planta geral do prédio 02 do Campus II - CEFET-MG
Fonte: CEFET-MG, 2008
Nota: A - Cozinha do refeitório

3.2 Caracterização técnica do local da pesquisa

A cozinha do refeitório, local específico da pesquisa, possui pé direito de 4,0 m, e demais dimensões compatíveis com sua demanda. No interior da mesma encontram-se, em operação, cinco cubas de pias para preparo de alimentos, quatro cubas de pias para lavagem de vasilhames e dois lavatórios de parede para higienização de mãos (Figura 34). Da mesma forma, existem nove torneiras de pia de cozinha, que alimentam as respectivas cubas e duas torneiras de lavatório, que alimentam os respectivos lavatórios, constituindo, portanto, um conjunto de onze torneiras.

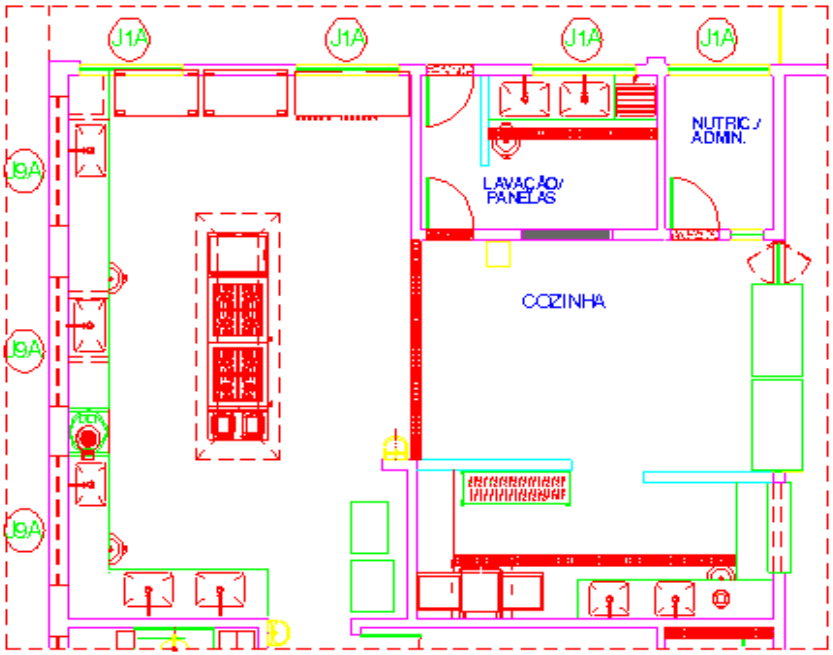

Figura 34 - Planta baixa da cozinha do refeitório do Campus II - CEFET-MG
Fonte: CEFET-MG, 2008

Dessas onze torneiras, nove delas – as de pias de cozinha – têm acionamento por alavanca. As duas restantes e que alimentam os lavatórios, têm acionamento do tipo cruzeta. Todas são metálicas e

equipadas com arejadores convencionais de duas marcas diferentes. A Figura 35 fornece uma visão parcial das dependências internas da cozinha.

Figura 35 - Vista interna da cozinha do refeitório Campus II - CEFET-MG

A 1,0m acima da laje de cobertura, encontra-se o reservatório local de água com capacidade de 5.000 litros. Este, por sua vez, é alimentado pelo reservatório geral do Campus. Do reservatório local sai, entre outros, um ramal hidráulico de PVC, com diâmetro nominal de 40 mm que divide-se em dois sub-ramais ("A" e "B"). O sub-ramal "A" alimenta três torneiras de pia para preparo de alimentos, duas torneiras de pia para lavagem de vasilhames e uma torneira de lavatório. O sub-ramal "B" alimenta duas torneiras de pia para preparo de alimentos, duas torneiras de pia para lavagem de vasilhames e uma torneira de lavatório. Em cada sub-ramal foi instalado um hidrômetro volumétrico novo, marca *Sappel*, classe B, modelo Aquarius, vazão máxima de 3m³/hora e precisão de 0,001 litros. Com esses dois instrumentos, foi possível proceder a coleta de dados referentes aos consumos diários de água da cozinha do refeitório (Figura 36).

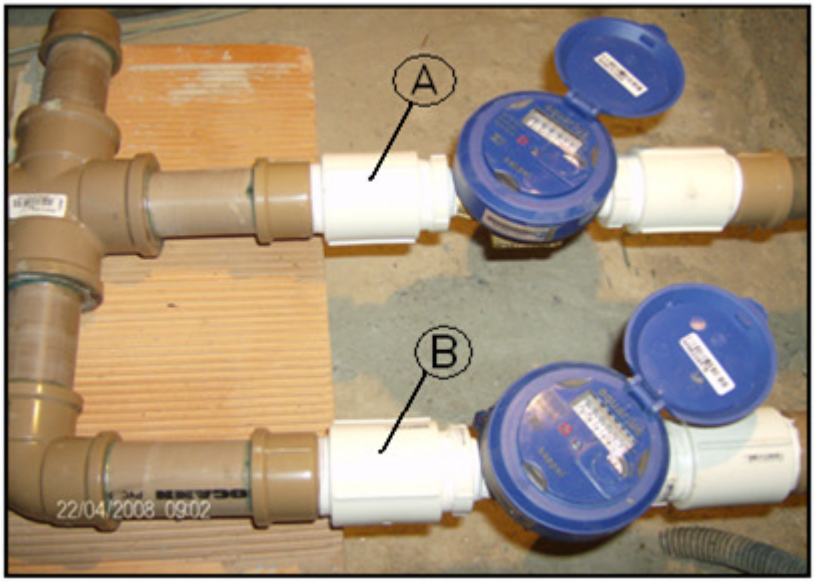

Figura 36 - Vista dos hidrômetros instalados nos sub-ramais que alimentam a cozinha do refeitório

3.3 Procedimentos

A proposta inicial para desenvolvimento da parte prática desse trabalho foi estabelecer procedimentos que permitissem controlar e medir os percentuais de ar aspirados pelos onze arejadores existentes nas torneiras da cozinha do refeitório e verificar a influência no consumo de água dos mesmos.

Para cada percentual ajustado, foi quantificado o correspondente consumo de água destinado à elaboração das refeições diárias. Com o número de refeições servidas a cada dia, fornecido pelo setor de estatísticas do mesmo, foi possível obter-se a relação entre o consumo de água por refeição, em função do percentual de aeração. Delineada a relação, extraíram-se informações que permitiram avaliar a viabilidade da redução do consumo de água pelo emprego de arejadores.

A sequência de procedimentos descritos e detalhados a seguir forneceu dados importantes no sentido de uma avaliação bem fundamentada.

3.3.1 Uniformização dos arejadores

Fez-se, inicialmente, uma inspeção em todos os arejadores existentes nas onze torneiras da cozinha do refeitório. Constatou-se que, nas mesmas, existiam arejadores convencionais de duas marcas diferentes. Optou-se por trabalhar, em todas elas, com arejadores convencionais da marca *Blukit,* pois estes eram predominantes nas torneiras. A Figura 37 mostra detalhes gerais dos arejadores *Blukit* utilizados nesse trabalho. Nela pode ser identificado o compartimento do arejador também conhecido como capa metálica, no interior do qual se encontra o elemento arejador propriamente dito (Figura 38).

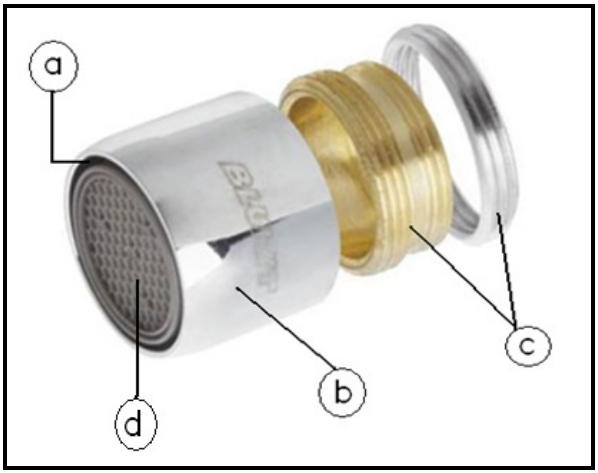

Figura 37 - Vista geral do arejador convencional *Blukit*
Fonte: BLUKIT, 2009.

Notas: a - Abertura para entrada de ar
b - Compartimento do arejador
c - Adaptadores
d - Tela de mistura

Figura 38 - Elementos existentes no interior do compartimento do arejador *Blukit*
Fonte: BLUKIT, 2009
Notas: a - Anel de vedação
b - Elemento arejador com distanciadores e aberturas laterais

No interior do elemento arejador encontra-se uma estrutura com microbocais, na qual está fixado um componente terminal conhecido como tela de mistura. Nesta última, podem ser observadas em seu entorno, distanciadores e aberturas laterais. Esses distanciadores possibilitam a entrada de ar, que flui entre os mesmos e a parte interior da capa metálica (Figuras 38, 39 e 40).

Figura 39 - Estrutura interna com microbocais do elemento arejador *Blukit*

Figura 40 - Tela de mistura do elemento arejador *Blukit* com aberturas laterais

3.3.2 Percentuais de ar misturados à água

Para se conseguir os diversos percentuais de ar misturados à água, atuou-se na estrutura interna com microbocais do elemento arejador *Blukit*. Essa estrutura funciona de acordo com o princípio de Venturi e é a responsável pela mistura de ar à água.

Com esse propósito, introduziu-se, inicialmente, uma película circular, de plástico rígido com diâmetros externo de 16 mm e interno de 9 mm no interior do elemento arejador de uma das onze torneiras existentes na cozinha, a qual foi escolhida aleatoriamente. Exatamente, essa película foi introduzida entre a estrutura com microbocais e a tela de mistura e teve a função de criar uma barreira na região perimétrica circular dos microbocais. Esta película, ao se abrir a torneira, quebrou completamente a velocidade da água proveniente dos microbocais, impedindo a aspiração de ar para o interior do arejador e implicando na formação de um fluxo constituído apenas de água. O furo central na película teve a função de manter a vazão inalterada (Figuras 41 e 42).

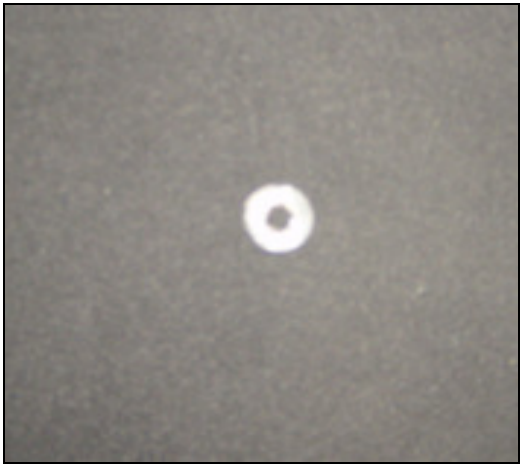

Figura 41 **-** Película de plástico (branco semitransparente)

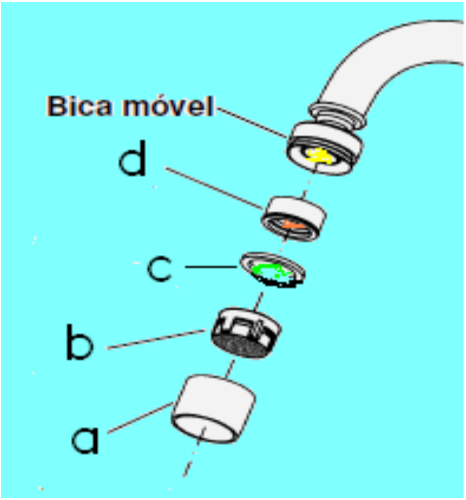

Figura 42 - Local de inserção da película
Fonte: Adaptado de CARDAL, 2010.
Notas: a - Capa metálica
b -Tela de mistura
c - Película de plástico (inserida)
d - Estrutura com micro bocais

Tais observações, até aquele momento, foram apenas visuais e não-mensuráveis. Foi necessário então, elaborar um dispositivo que viabilizasse a quantificação dos percentuais de ar incorporados à água. Esse dispositivo, detalhado na sequência, foi a princípio idealizado e desenhado e, logo em seguida, montado.

3.3.2.1 Dispositivo separador de ar e água

Basicamente, o dispositivo idealizado e montado foi composto de um recipiente com capacidade de 3060 ml e graduação vertical, outro com capacidade de 1480 ml, interligados próximos às suas bases inferiores, e um terceiro independente com capacidade de 1130 ml, também com graduação vertical. Todos cilíndricos, transparentes, fixados sob uma base plana e com suas extremidades superiores abertas, sob pressão atmosférica.

A uma altura correspondente ao volume de 1200 ml de água, preenchido no primeiro recipiente, fez-se uma abertura no segundo, instalando-se na mesma uma pequena torneira que possibilitou

extravasar excedentes de água, além dos 1200 ml iniciais do primeiro para o terceiro recipiente. No volume de 1200 ml iniciais, do primeiro recipiente, foram adicionados 5 ml de detergente espumante e, cuidadosamente misturados à água. Dessa forma, qualquer volume adicional de água contendo ar, caindo no primeiro recipiente, teria seus componentes separados. O ar, ao emergir para o ambiente, ficaria retido em bolhas formadoras do volume V1 de espuma e a água correspondente seria captada no terceiro recipiente, formando o volume V2 de água (Figuras 43 e 44).

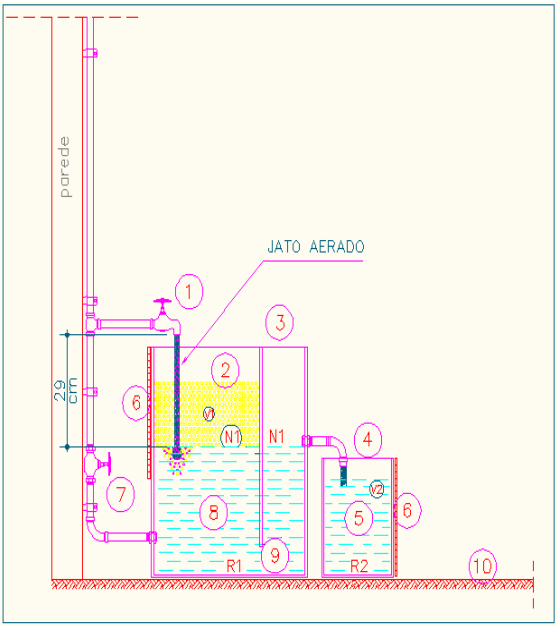

Figura 43 - Diagrama do dispositivo separador de ar e água

Nota:
1) Torneira, ø ½" com arejador
2) Volume V1 de espuma
3) Recipiente cilíndrico transparente R1
4) Recipiente cilíndrico transparente R2
5) Volume V2 de água
6) Haste graduada em mm
7) Registro de pressão ø ½" para ajuste inicial de N1
8) Água potável com gotas de detergente espumante
9) Sifão para evitar turbulência no recipiente 2
10) Base plana nivelada

Figura 44 - Montagem do dispositivo separador de ar e água

Nota: Capacidade dos recipientes:
1) A = 3060 ml
2) AA = 1480 ml
3) B = 1130 ml

3.3.2.2 Ajustes dos percentuais de ar

Com o dispositivo separador de ar e água em condições de operar, voltou-se ao procedimento de introdução da película no interior do elemento arejador da torneira escolhida aleatoriamente. Abriu-se então a torneira, girando sua alavanca 45° em relação à posição fechada, após o nível do recipiente "A" do referido dispositivo estar estabilizado em N1 e o recipiente "B" estar vazio e completamente seco.

No volume inicial de 1200 ml de água contido no recipiente "A" até o nível N1, foram adicionados e misturados, suavemente, 5 ml de surfactante (detergente espumante), tomando-se o cuidado para não gerar espuma durante esse processo. Esta dosagem se mostrou a mais adequada após várias tentativas, tendo em vista a necessidade de manter-

se a quantidade de detergente na água, apenas o suficiente para absorver o ar nela contido, gerando bolhas de espuma, sob pressão atmosférica.

Nessas condições, mediu-se o volume de espuma formado no recipiente "A" correspondente ao volume de água captado no recipiente "B". Verificou-se então que, nesse primeiro ajuste, no qual o efeito Venturi foi completamente anulado, não houve formação de espuma e, consequentemente, o percentual de ar misturado à água foi nulo, pois o fluxo de água, não contendo ar, não formou espuma ao submergir na água.

Deve-se ressaltar também que o giro de 45° da alavanca da torneira, em relação à posição fechada, teve como base algumas observações feitas sobre os hábitos das funcionárias do refeitório, que, em suas tarefas cotidianas, giram-na próximo desse valor.

Em seguida, tomou-se outra película de plástico, com dimensões e demais características idênticas à primeira, porém na cor verde. Nessa película foram feitos três sulcos equidistantes em sua borda externa (Figura 45).

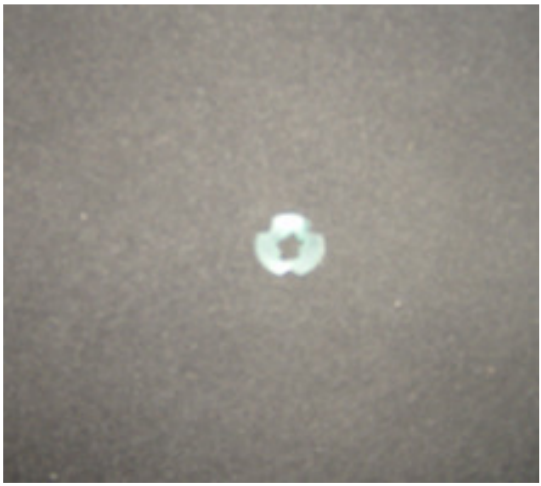

Figura 45 **-** Película de plástico (verde) com três sulcos na borda externa

Essa película foi, por sua vez, introduzida no elemento arejador da mesma torneira, repetindo-se toda a sequência experimental realizada anteriormente. Nessa nova situação, ocorreu a formação de um reduzido volume de espuma no recipiente "A". A explicação está no fato de o efeito Venturi ter sido parcialmente liberado para introduzir ar à água.

Assim, medindo-se o volume de água no recipiente “B”, correspondente ao volume de espuma formado em “A”, foi possível calcular o percentual de ar incorporado à água e para esse modelo de película, por meio da relação:

$$\%ar = [V1/(V1 + V2)] \times 100 \quad \textbf{(1)}$$

Todas as etapas desse experimento foram repetidas subsequentemente, alterando-se apenas o número de sulcos nas bordas externas de outras películas com características similares às anteriores.

A ideia foi liberar, progressivamente, a função do efeito Venturi. Os demais números de sulcos definidos aleatoriamente foram 4, 6 e 8, em películas de plástico nas cores azul, vermelho e preto, respectivamente. A atribuição de cores diferenciadas a cada tipo de película objetivou somente diferenciá-las visualmente e facilitar a execução das tarefas com as mesmas, durante a fase de levantamento de dados na cozinha do refeitório (Figura 46).

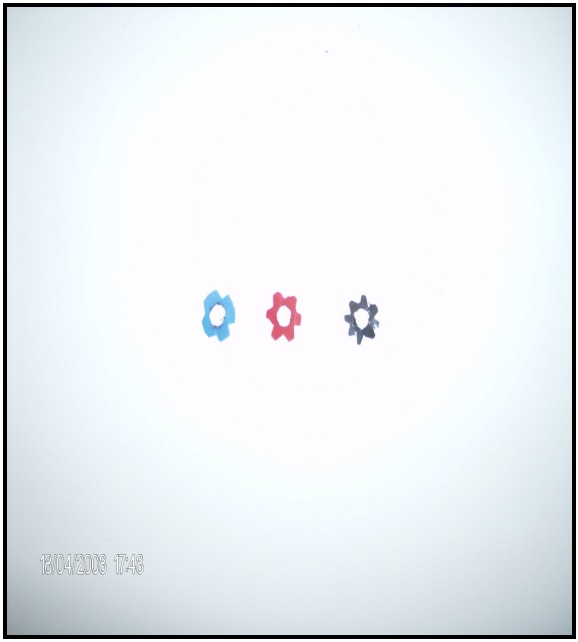

Figura 46 - Películas de plástico (azul, vermelho e preto) com 4, 6 e 8 sulcos nas bordas externas

Visualmente percebeu-se que, de forma progressiva, a água proveniente da torneira se tornou mais arejada. Os cálculos dos percentuais de aeração, utilizando a relação (1), também mostraram a crescente incorporação de ar à água (Figura 47).

Figura 47 - Vista do dispositivo separador de ar e água em funcionamento

Finalmente fez-se um último ajuste, repetindo-se todas as etapas do experimento, deixando-se o arejador sem película alguma, ou seja, em sua condição de areação nominal máxima. Os dados obtidos em todos os experimentos foram compilados e lançados na Tabela 6.

3.3.2.3 Elaboração das películas

Para construção das películas usadas anteriormente, e as demais utilizadas na sequência do trabalho, foram utilizadas contracapas de encadernação em cores diferenciadas. Estas se mostraram adequadas à finalidade desejada, tendo em vista sua reduzida espessura e rigidez suficiente para absorverem as velocidades das veias líquidas, provenientes dos microbocais dos arejadores (Figura 48).

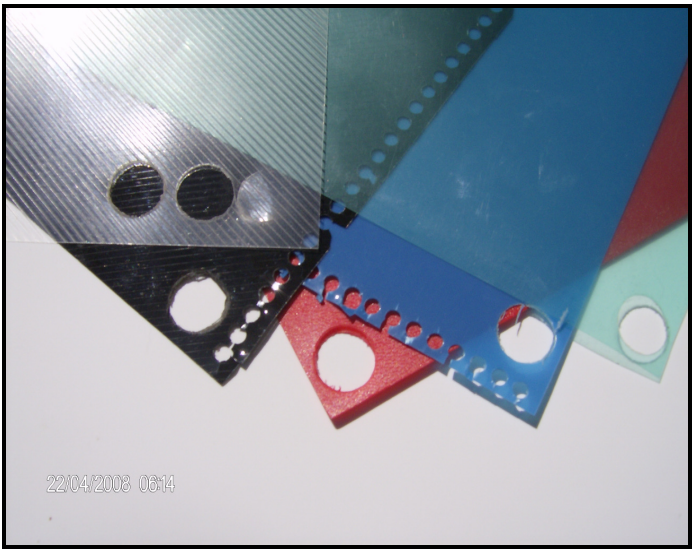

Figura 48 - Contracapas de encadernação multicoloridas

Os cortes externo e interno, perfeitamente circulares, foram obtidos com dois instrumentos conhecidos como punção vazadora, com diâmetros nominais de 16 e 9 mm (Figura 49).

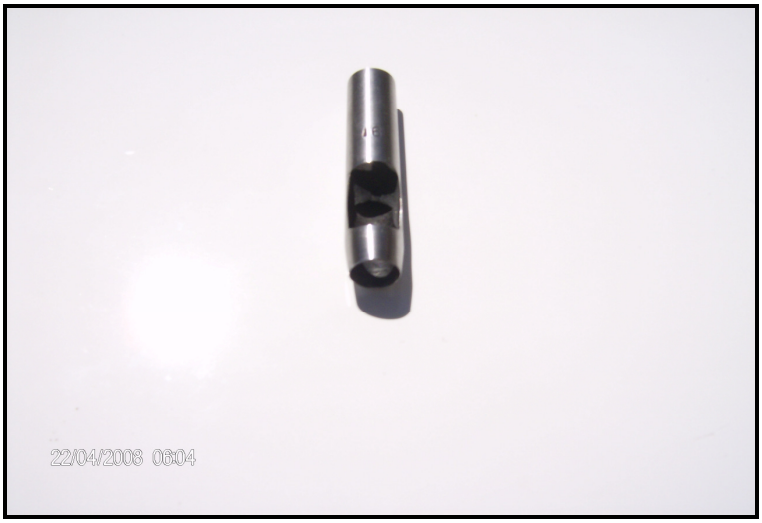

Figura 49 - Punção vazadora

3.3.2.4 Criação dos subconjuntos de películas

Obtidos os modelos das películas que possibilitassem cada percentual de aeração, foram então confeccionados onze subconjuntos de cada tipo nas cores branca semitransparente, verde, azul, vermelho e preto.

Cada um desses subconjuntos foi introduzido, sucessivamente, por um período de três dias, nos elementos arejadores das onze torneiras da cozinha em estudo. A cada três dias, e para maior confiabilidade dos dados, foram levantados três valores diários relativos ao consumo de água por refeição, em função de cada percentual de areação.

3.3.3 Consumo diário de água da cozinha

Para obtenção dos dados relativos ao consumo diário de água da cozinha do refeitório, durante o período da pesquisa, foram feitas medições diárias, por volta das sete horas da manhã. Essas medições ocorreram sempre antes de serem iniciadas as atividades matinais do refeitório. Portanto, a medição na manhã de um dia correspondeu sempre ao consumo do dia anterior.

Na prática, tais medições foram obtidas acessando-se um alçapão, situado na laje de forro da cozinha, onde foram instalados os dois hidrômetros. Desse modo, procederam-se as medições destes, somando-as em seguida.

As atividades de coleta de dados foram implementadas entre os dias 10 de agosto de 2009 a 18 de setembro do mesmo ano. Nesse período foram excluídos sábados, domingos, feriados e recessos escolares. Com relação à sequência de implantação dos conjuntos de películas nas onze torneiras do local em estudo, deve-se ressaltar que a mesma ocorreu, inicialmente, com medições por três dias, sem a introdução de películas (57% de aeração), seguindo-se com películas pretas com 8 sulcos (39,47% de areação), vermelhas com 6 (36,40% de aeração), azuis com 4 (30,30% de aeração), verdes com 3 (24,77% de aeração), brancas sem sulcos (0% de aeração) e, por último, retirando-se os elementos arejadores das torneiras, deixando-as na condição de bocais livres. As datas e os valores exatos desta coleta de dados encontram-se na Tabela 7.

3.3.4 Diâmetros das bolhas de espuma

Utilizando-se de um escalímetro, com graduação em milímetros, mediram-se os diâmetros de uma amostragem de bolhas formadas no volume de espuma do experimento mostrado na Figura 47. Os valores encontrados estão listados na Tabela 8 e possibilitaram calcular e analisar a efetiva pressão no interior das mesmas, comparando-as com a pressão atmosférica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Finalizada a etapa que possibilitou controlar e medir os volumes de ar contidos nos fluxos de água, assim como a de levantamento de dados relativos aos consumos de água em função dos percentuais de aeração, passou-se ao tratamento e à extração de resultados de todos os dados obtidos nessa fase. As análises a seguir apresentadas são baseadas nesses resultados e de acordo com a seguinte sequência:

- Percentuais de ar incorporados à água;
- Volumes de água por refeição servida;
- Percentuais de ar e consumo de água por refeição;
- Ar e formação de espuma.

4.1 Percentuais de ar incorporado à água

A Tabela 6 resume os dados obtidos após a execução da sequência de procedimentos relativos aos ajustes nos percentuais de ar no arejador da torneira selecionada para amostragem durante essa fase.

Tabela 6 - Volumes V1 e V2 medidos e percentuais de aeração calculados

Tipos de películas/Nº sulcos	**Volume V1 (espuma)** litros	**Volume V2 (água)** litros	**Percentual de aeração** (%)
Branca (0 sulco)	0	0,95	0
Verde (3 sulcos)	0,27	0,82	24,77
Azul (4 sulcos)	0,37	0,85	30,30
Vermelha (6 sulcos)	0,43	0,75	36,40
Preta (8 sulcos)	0,45	0,69	39,47
Sem película	0,73	0,60	57,00

Analisando os dados da Tabela 6, verifica-se que é possível estabelecer uma relação direta entre os percentuais de aeração calculados e os volumes de espuma medidos. Ou seja, existe uma relação aproximadamente linear entre a quantidade de ar incorporada ao jato e a formação de espuma.

O Gráfico 3, construído com os mesmos dados, ilustra e evidencia a afirmação anterior. A existência dessa relação foi de fundamental importância para a confiabilidade dos dados relativos à quantificação dos volumes de ar incorporados à água. Os mesmos foram medidos por meio dos volumes de espuma formados nos recipientes.

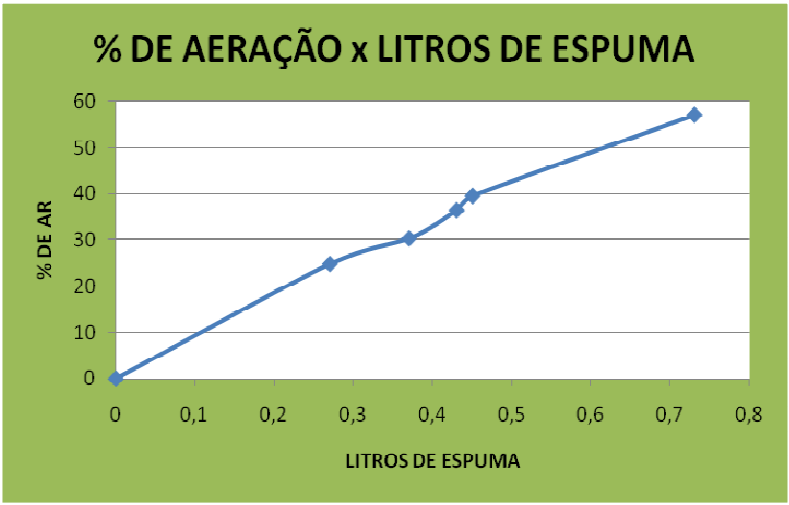

Gráfico 3 **-** Percentual de areação x litros de espuma

4.2 Volume de água por refeição servida

Após serem executados os procedimentos relativos à construção dos onze subconjuntos de películas e tendo sido eles inseridos nas onze torneiras da cozinha do refeitório, durante o período de pesquisa, foi possível levantar-se os dados que constam da Tabela 7, na qual foram incluídos também os números de refeições servidas a cada dia e o consumo de água, em litros por refeição.

Tabela 7 - Dados levantados na cozinha do refeitório

Tipo de película instalada	2009 (Dia)	Medição 7:00h (litro)	Consumo dia (litro) (***)	Nº de refeições servidas (**)	Consumo de água por refeição (Litros/ref)
Sem Película (57%)	10/08	16.040(*)	6.243	824	7,58
	11/08	22.283	6.342	1.018	6,23
	12/08	28.625	5.958	1.003	5,94
Preta (8 sulcos) (39,47%)	13/08	34.583	6.907	878	7,87
	14/08	41.490	6.942	864	8,03
	17/08	48.432	8.330	983	8,47
Vermelha (6 sulcos) (36,40%)	18/08	56.762	10.009	1.102	9,08
	19/08	66.771	9.502	1.091	8,71
	20/08	76.273	8.980	1.059	8,48
Azul (4 sulcos) (30,30%)	21/08	85.253	9.039	934	9,68
	24/08	94.292	11.298	1.128	10,02
	25/08	105.590	11.668	1.148	10,16
Verde (3 sulcos) (24,77%)	26/08	117.258	12.228	1.123	10,89
	27/08	129.486	12.152	1.067	11,38
	28/08	141.638	9.563	856	11,17
Branca (0 sulco) (0 %)	31/08	151.201	14.993	1.091	13,74
	01/09	166.194	14.636	1.127	12,98
	02/09	180.830	14.738	1.151	12,80
	03/09	195.568			
Sem Arejador	15/09	247.738	14.901	1.068	13,95
	16/09	262.639	14.998	1.051	14,27
	17/09	277.637	14.532	1.074	13,53
	18/09	292.169			

Nota: (*) Soma das leituras iniciais dos hidrômetros
(**) Dados fornecidos pelo setor de estatísticas do refeitório
(***) Consumo do dia = medição dia seguinte – medição do dia

4.3 Percentuais de ar e consumo de água por refeição

A partir dos dados da Tabela 7, foi possível relacionar os percentuais de aeração das torneiras aos correspondentes consumos de água, em litros, para cada refeição efetivamente servida. De cada grupo de três valores levantados, obteve-se a média aritmética dos mesmos, que representou o consumo correspondente a cada percentual de aeração. Os valores finais foram compilados e transcritos na Tabela 8.

Tabela 8 - Consumo de água por refeição em função dos percentuais de aeração

Película/ % ar	**Branca (0,0)**	**Verde (24,77)**	**Azul (30,30)**	**Vermelha (36,40)**	**Preta (39,47)**	**S/Película (57,01)**
Consumo	13,74	10,89	9,68	9,08	7,87	7,58
(Litros/	12,98	11,38	10,02	8,71	8,03	6,23
Refeição)	12,80	11,17	10,16	8,48	8,47	5,94
Média	13,17	11,15	9,95	8,76	8,12	6,58

Nota: Consumo médio sem arejadores = 13,91 litros por refeição

Analisando-se os dados da Tabela 8 verificou-se que, ao se incorporar crescentes percentuais de ar aos fluxos d'água, o consumo tende a diminuir de forma aproximadamente linear. Esse fato demonstra a efetiva economia no consumo de água, ao se empregar a técnica de se incorporar ar à água. Evidencia também o considerável potencial de se recorrer a esse artifício como ação complementar a ser empregada para redução do consumo.

O Gráfico 4, elaborado com os valores médios da Tabela 8, possibilita uma visualização adicional do que foi mencionado. Neste gráfico, observa-se ainda que existe uma redução, de forma aproximadamente linear, entre o consumo e o percentual de aeração.

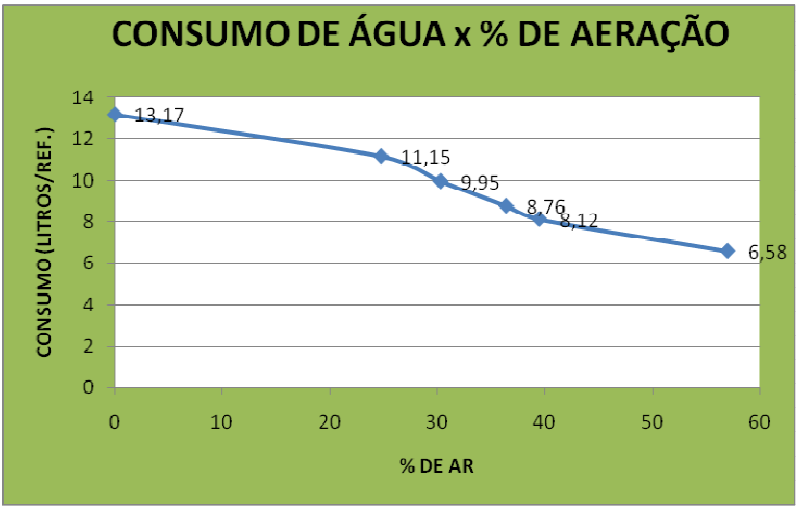

Gráfico 4 **-** Consumo de água x percentual de aeração

De acordo com a ANA *et al.*, (2005), o arejador convencional é um dispositivo que proporciona diversos benefícios, entre os quais destaca-se a redução de até 50% no consumo de água, sem comprometimento das operações de lavagem. Esta afirmação tem fundamentação suficientemente aceitável, quando se analisam os dados extremos da Tabela 8, de onde é possível extrair os consumos correspondentes à aeração nula e à máxima de 57,01%.

4.4 Ar e formação de espuma

Uma etapa de particular importância para esse trabalho refere-se à quantificação dos volumes de ar incorporados ao fluxo d'água.

Após várias tentativas, a medição dos mesmos, de forma direta, se mostrou de difícil execução e com resultados imprecisos. Utilizaram-se então de volumes de espuma formados, após o fluxo de água contendo ar submergir em um volume de água pré-existente e sob pressão atmosférica. Nessa situação o ar contido no mesmo, ao emergir para a atmosfera, ficou retido em bolhas de surfactante com a consequente formação de espuma. Portanto, mediram-se os volumes de espuma formados, considerando-os equivalentes aos volumes de ar contidos nos fluxos de água.

Com o objetivo de fornecer sustentabilidade física à equivalência utilizada, procurou-se elucidar o processo de formação de espuma, durante a fase experimental desse trabalho. Trata-se especificamente dos volumes de espuma formados na água pré-existente no recipiente 1 da Figura 43, os quais absorveram os volumes de ar incorporados aos fluxos d'água.

Uma primeira análise ocorreu em relação ao volume de água que é utilizado na formação das membranas das bolhas de ar da espuma. Na realidade, desfazendo-se manualmente as bolhas de um volume de aproximadamente 1000 ml de espuma, verificou-se que o volume de água utilizado na formação das mesmas é completamente desprezível. Portanto, esse volume não foi deduzido dos volumes de espuma obtidos em cada experimento, considerando-se os volumes de ar existentes nos fluxos iguais aos volumes de espuma medidos.

Outra análise ocorreu em relação à possibilidade do fluxo de água e ar destruir parte das bolhas de espuma, ao atravessar pelo volume das mesmas. Verificou-se, por meio de observações de um dos experimentos que, primeiramente, formou-se o fluxo de água e ar , e as bolhas de espuma se formaram progressivamente, em seu entorno, após o fluxo estar estabelecido. Portanto, não ocorreram impactos significativos do fluxo de água sobre as bolhas de espuma, a ponto de destruí-las parcialmente.

Uma terceira análise investigou a possibilidade de um reduzido percentual de ar incorporado ao fluxo de água, escapar para o meio ambiente, sem efetivamente produzir bolhas de espuma. Admitiu-se inicialmente essa possibilidade, mas observações minuciosas dos experimentos apontaram no sentido dessa perda ocorrer com maior frequência e de forma desprezível, na queda do fluxo de água ao ar livre, e não, após submergir no volume de água pré-existente no recipiente em estudo. Acrescente-se ainda que a simples existência de uma relação direta entre percentuais de aeração dos fluxos e dos volumes de espuma formados demonstra a insignificância das possíveis perdas.

Por fim, analisaram-se as efetivas pressões no interior das bolhas de espuma, comparando-as com a pressão atmosférica. Constam registros na literatura de que as pressões no interior das mesmas são superiores à atmosférica. Isto se deve ao fato de a pressão do volume de ar retido no interior de uma bolha, para manter a estabilidade do conjunto, ter que contrapor à pressão atmosférica somada à pressão da tensão superficial proporcionada pela membrana que a envolve.

Para demonstrar, com valor real, a pressão do ar no interior de uma bolha de sabão, consideraram-se o raio "R" da bolha e a tensão

superficial "γ" da solução de água e sabão (ou detergente), formadora da membrana da mesma. O valor de "γ", nesse caso, encontra-se em torno de 25dina/cm (Tabela 5).

Admitiu-se inicialmente não existir pressão externa sobre a bolha, o que, a princípio, não é verdade, e considerando-se um plano seccionador passando pelo centro da mesma, e ainda, desprezando a ínfima diferença existente entre os raios interno e externo de sua membrana, chegou-se a uma circunferência de perímetro igual a 2πR.

Dessa forma, cada película, interna e externa da membrana da bolha, ficou sob a pressão de "γ" ao longo de toda a sua extensão. A força total da tensão superficial foi, então: 2.γ.(2πR).

Dentro da bolha, entretanto, existia a pressão "p", agindo sobre toda a circunferência, cuja seção possui área igual a πR^2. A multiplicação de ambos os valores, resultou em uma força igual a p.(πR^2). Desde que a bolha esteja estável, a soma dessas forças deve ser "0" (zero). Conclui-se então que:

$$2.\gamma.(2\pi R) = p.(\pi R^2) \quad \textbf{ou} \quad p = 4.\gamma/R \qquad \textbf{(2)}$$

Obviamente, esteve-se diante de uma simplificação, ao admitir-se a pressão externa à bolha igual a "0" (zero). Pôde-se facilmente, entretanto, estender o raciocínio para se obter a diferença entre as pressões, interna "pi" e externa "pe", por intermédio da relação.

$$pi - pe = 4\gamma/R \quad \textbf{ou} \quad pi = pe + (4\gamma/R) \qquad \textbf{(3)}$$

Medidos os valores mais representativos dos diâmetros da amostragem das bolhas de espuma, constatou-se que os mesmos encontram-se entre 2 e 8mm. Com esses valores, diante da relação (3) e considerando a pressão atmosférica igual a 100 kPa, foi possível calcular as pressões internas das bolhas de sabão. Os diâmetros utilizados como amostragem e as respectivas pressões internas obtidas encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Pressões de ar nos interiores de bolhas de sabão

DIÂMETRO DA BOLHA DE SABÃO (mm)	**RAIO (mm)**	**PRESSÃO INTERNA (kPa)**
2,0	1,0	100,102
3,0	1,5	100,068
4,0	2,0	100,051
5,0	2,5	100,041
6,0	3,0	100,034
7,0	3,5	100,029
8,0	4,0	100,026

Observa-se, pelos dados da Tabela 9, que as pressões nos interiores das diversas bolhas preenchidas com ar, foram insignificantemente maiores que a pressão atmosférica. Esses valores vêm ao encontro da fragilidade observada, visualmente, na estrutura da espuma, a qual, na realidade, não suportaria pressões com valores superiores significativos em relação à atmosférica.

Dessa forma, considerou-se para efeito da precisão e enfoque desse trabalho que, os volumes de espumas geradas nos experimentos, traduzem de forma satisfatória os volumes de ar contidos nos fluxos de água provenientes da torneira com arejador. No Apêndice A, encontra-se o Gráfico 5, o qual complementa essa análise.

5 CONCLUSÕES

Esse trabalho foi desenvolvido com a proposta inicial de se verificar as potencialidades da incorporação de ar à água como ação a ser utilizada na redução do consumo.

A etapa relativa ao levantamento de dados ocorreu, especificamente, na cozinha de um refeitório escolar, que apresentou características favoráveis ao presente estudo. Embora fosse conhecida da literatura a eficácia da mistura, no sentido da economia, procurou-se investigar além da economia em si, outros aspectos inerentes ao tema.

Procedimentos para a quantificação de diversos volumes de ar incorporados aos fluxos d'água foram desenvolvidos e empregados. Especificamente, quanto à quantificação do ar no fluxo, a mesma ocorreu de forma indireta, utilizando-se correspondentes volumes de espuma formados pelo ar, ao emergir da água para o meio ambiente.

Foram também estabelecidos e empregados procedimentos que permitiram quantificar os consumos de água correspondentes a cada percentual de ar incorporado aos fluxos. Como resultado, obteve-se uma efetiva economia no consumo de água no conjunto das onze torneiras do local em estudo. Assim, em termos numéricos e com relação à economia obtida, pode-se dizer que a mesma encontra-se em torno de 50%, entre a máxima aeração e a nula.

Conclui-se também que os dispositivos arejadores apresentam economia complementar, tendo em vista que atuam também como restritores parciais de vazão. Esse fato foi verificado, comparando-se os consumos da Tabela 8, quando foram retirados os arejadores das torneiras, em relação à situação de areação nula, pois sem os arejadores foram observados ligeiros acréscimos nos consumos. Considerando-se ainda que parte da água que fluiu pelos arejadores foi utilizada na cocção de alimentos, e nesse caso, o ar incorporado não teve relevância, a percentagem de economia nas atividades que envolvam especificamente a ação humana (lavagens de louças, talheres, vasilhames e alimentos) pode ser superior.

Com base nos resultados desse estudo, é possível afirmar que a incorporação de ar aos fluxos de água é eficaz como ação complementar a ser empregada para racionalização e economia de água.

Embora os resultados obtidos sejam específicos para uma cozinha institucional, seus aspectos gerais podem ser extrapolados, resguardando-se as peculiaridades, para um conjunto considerável de usuários.

No decorrer dos trabalhos, novos desafios foram se apresentando. Desenvolver e elaborar o dispositivo que permitisse separar e quantificar, de forma aceitável, os volumes de ar e água contidos nos fluxos de água aerada, surgiu como o primeiro.

Na sequência, tornou-se necessário controlar os percentuais de ar aspirados pelos arejadores das torneiras. Isso foi possível com a criação dos conjuntos de películas de plásticos. Por fim, admitir como aceitável, do ponto de vista físico, a quantificação indireta dos volumes de ar contidos nos fluxos, correlacionando-os com volumes de espumas formados. Com esse objetivo, procurou-se compreender o processo de formação de espuma.

Ao final dos trabalhos, e referindo-se a conteúdos da revisão bibliográfica, foi possível verificar que, a tecnologia de fabricação dos arejadores e suas aplicabilidades têm evoluído ao longo dos anos, procurando levar economia e conforto aos usuários.

Por fim, não se pôde desprezar a redução de perdas pelos inconvenientes respingos existentes nas torneiras sem aeração, além da considerável sensação de conforto.

5.1 Limitações do trabalho

É oportuno observar que os dados levantados nesse trabalho, relativos aos diversos consumos de água, ocorreram sob condições específicas da instalação hidráulica existente no refeitório do CEFET-MG (Campus II). Dentre elas, podem ser destacadas: a baixa pressão estática nas torneiras em estudo, com valor médio de 45 kPa; a oscilação da mesma em horários diferenciados do dia, especialmente, em torno das 12:00h, momento em que, devido ao pico de atendimento do refeitório, o reservatório operava com volume de água reduzido; e o fato do reservatório apresentar capacidade de acumulação inferior à necessária.

Com relação aos arejadores, observou-se, ao final de cada período de três dias, considerável acúmulo de detritos em suas micropeneiras de retenção. Presumiu-se, então, que tais detritos tenham influenciado nos valores de consumo. Ainda, com relação aos mesmos, deve-se considerar que a pesquisa restringiu-se aos arejadores convencionais da marca *Blukit*.

Observou-se também que diferenciados cardápios poderiam demandar volumes de água também diferenciados, não tendo sido os mesmos considerados neste trabalho.

Com relação ao número de refeições servidas, verificou-se que, nem sempre, o mesmo correspondeu exatamente à quantidade de alimentos processada, pois o refeitório preparava os alimentos, a cada dia, em função da demanda provável de usuários.

Os valores finais de consumos de água, obtidos em função dos percentuais de aeração, foram originários da média aritmética de apenas três medições individuais correspondentes a cada percentual. Sabe-se, entretanto que, quanto maior o número de repetições das medições, maior será o grau de precisão dos dados finais obtidos.

Por fim, deve-se ressaltar que os dados foram colhidos utilizando-se água potável, a uma temperatura média de 15°C, fornecida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG).

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

No decorrer das atividades desta pesquisa, algumas sugestões para futuros trabalhos evidenciaram-se:

- Quantificação e caracterização da ação denominada "escova hídrica" sobre as superfícies a serem lavadas;
- Influência de outros tipos de águas no processo de aeração;
- Efeitos da pressão na ação da "escova hídrica";
- Utilização do efeito aspirador dos arejadores para injeção de produtos químicos no tratamento de água;
- Utilização do efeito aspirador dos arejadores para injeção de germicidas nos aspersores agropecuários;
- Influência da temperatura da água no processo de aeração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS - ABC. *Promovendo o Acesso à Água de Boa Qualidade: Perspectiva da África e das Américas.* Artigo. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www. abc.org.br/article.php.3id_article = 790>. Acesso em: 28 set. 2010.

ALVERCA, A. T. do N. C. *"Reúso" de Água*: Interface na Análise Econômica do Meio ambiente. Disponível em: <http://www2.uerj.br/ambiente/emrevista/artigos/reúso_agua.htm>. Acesso em: out. 2009.

AMBIENTE BRASIL. *Chuva Ácida*, 2005. Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./urbano/index .html&conteudo=./natural/chuvaacida.html>. Acesso em: mai. 2009.

AM CONSERVATION. Desenvolvido pela AM CONSERVATION GROUP. Disponível em; <http://www.amconservationgroup.com>. Acesso em: 18 set. 2010.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS *et al. Conservação e Reúso da Água em Edificações*. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005a. 152p.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Water Resources Management in Brazil*. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/doc/WRMB/index.htm>. Acesso em: mai. 2009.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Centro de Referência Internacional em Reúso de Água.* Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em: 12 dez. 2009.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Plano Nacional de Recursos Hídricos. Panorama e Estado dos recurso Hídricos do Brasil*, Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em: 18 jan. 2010.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Ciclo Urbano da Água*. Disponível em <http://www.ana.gov.br/catalogopublicações. Acesso em mar. 2010.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Demandas Consuntivas Balanço Quali-quantitativo*, Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em: 19 mar. 2010.

AQUACLIC. Catálogo de produtos. *The fine art of saving. Aquaclic ecolifestyle,* 2009. Disponível em: <http://www.aquaclic.ch>. Acesso em: 14 abr. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS - *ABNT. NBR 10.844. Instalações de água pluviais.* Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - *ABNT. NBR 11.535. Misturadores para pia de cozinha tipo mesa*. Rio de Janeiro, 1991. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT. NBR 5626.* Instalações prediais de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - *ABNT. NBR 15.527. Utilização de águas pluviais não potáveis.* Rio de Janeiro, 2007. 24 p.

AYDIN, M. Water as a means of reconciliation in de middle East. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 9ª, 1999, Petrolina, Brazil. *Proceedings*…Petrolina: IRCSA, 1999.

BIO: *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente*. Centronetwork. Rio de Janeiro, n° 21. Ano XI. 2002. p. 50.

BLUKIT. Desenvolvido pela BLUKIT. Disponível em: <http://www.Blukit.com.br>. Acesso em: 25 jul. 2009.

BLUKIT. Desenvolvido pela BLUKIT. Disponível em: <http://www.Blukit.com.br_pt/noticias.php.2show>. Acesso em: 22 set. 2010.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de água. *Documento técnico de apoio n° E1*. Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Disponível em: <http://www.usp.br/cirra>. Acesso em: 23 jan. 2010.

CALIFORNIA WATER SERVICE COMPANY. Desenvolvido pela California Water Service Company, 2007. Disponível em: <http://www.calwater.com>. Acesso em: 07 jan. 2010.

CARDAL. Desenvolvido pela CARDAL. Disponível em: <http://www.cardal.com.br>. Acesso em: 04 out. 2009.

CEDAE. Guia do Usuário, Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2006.

CEDAE. Desenvolvido pela Companhia Estadual de Água e Esgotos do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.cedae.com.br>. Acesso em: 03 nov. 2009.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS. CEFET-MG. Departamento de Infra Estrutura e Desenvolvimento. Belo Horizonte, 2009.

CHENG, C. L. Evaluating Water Conservation measures for Green Bulding in Taiwan. *Bulding and Environment*. v. 38, n.2, p. 369-379, 2003.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. COPASA-MG. Disponível em: <http://www.copasa.com.br>. Acesso em: 15 set. 2010.

DEBACHER, N. A. Bolhas de sabão e detergentes. *Revista eletrônica QMCWEB*, Departamento de química da UFSC. Disponível em: <http://www.qmcweb.org>. Acesso em: 15 jul. 2009.

DECA. *Água. Uso Racional*, 2004. Disponível em: <http://www.deca.com.br>. Acesso em: mai. 2009.

DIÁRIO DIGITAL, 2006. Disponível em: <http://www.diariodigital.sapo.pt>. Acesso em: out. 2009.

DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. *Water saving potential of domestic systems using greywater and rainwater in combination*. *Wat. Sci. Tech*. v. 39, n. 5, p. 25-32, 1999.

DIXON, A. *Computer simulation of domestic water re-use systems: greywater and rainwater in Combination*. PhD Thesis, Imperial College. University of London, 2000.

DOCOL. Desenvolvido pela DOCOL, 2008. Disponível em: <http://www.docol.com.br>. Acesso em: 04 out. 2009.

DOCOL. *Planeta Água*. Disponível em: < http://www.docol.com.br>. Acesso em: 05 out. 2009.

DRACO. Desenvolvido pela DRACO ELETRÔNICA, 2010. Disponível em: <http://www.dracoeletronica.com.br/arejadores>. Acesso em: 13 set. 2010.

ENERGY POLICY ACT (USA), 1992. Disponível em: <http://www.safeplumbing.org/glossary>. Acesso em: 06 out. 2010

EPA (USA) - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Guidelines for water reuse. EPA 625-R-04-108*. Office of Water. Washington: DC, 2004.

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY - EEA. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/pt/green>. Acesso em: 08 set. 2010.

FABRIMAR. Desenvolvido pela Fabrimar, 2006. Disponível em: <http://www.fabrimar.com.br>. Acesso em: 12 jul. 2008.

FAO. AQUASTAT database, 2006a. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/aquastat>. Acesso em: 08 fev. 2009.

FAO. *Freshwater Resources*. World Resources Institute, 2006b. Disponível em: <http://earthtrends.wri.org/pdf_library/data_tables/wat2_2005.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2009.

FIGUEIREDO, R. C. R.; RIBEIRO, F. A. L.; SABADINI, E. *Ciência da espuma. Aplicação na extinção de incêndios*. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 1998.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. S. Avaliação do Potencial de Reúso de Águas Cinza em Edificações - *I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. São Paulo, Julho. 2004. 9 p.

FRANÇA, J. L.; VASCONCELOS, A.C. *Manual para Normalização de Publicações Técnico-Científicas.* 8. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2007. p. 33-223.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHIMIDT R.W. Potential for portable water savings by using rainwater: an analysis over 62 cities in southern Brazil. *Building and Environment*, v.41, n.2, p. 204-210, 2006.

GONÇALVES, O. M.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L. H. *et al.*. *Conservação e Reúso de água em edificações.* Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas, SindusCon-SP, FIESP, São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

GONÇALVES, R. F., BAZZARELLA, B. B., PETERS, M. R. Gerenciamento de águas cinzas. In: GONÇALVES, R. F., PROSAB. *Tecnologia de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água e de infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas.* Rio de Janeiro, RJ: ABES, 2006. Cap. 4

GOODARZI, M.; CHARKHAB, A.H. Sustainable water resources management in arid and semiarid regions of the world: a case study in Iran. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 9ª, 1999, Petrolina, Brazil. *Proceedings*… Petrolina: IRCSA, 1999.

GOOGLE MAPS. Disponível em: http//maps.google.com.br/. Acesso em 18/11/2009.

GROUP RAINDROPS. *Aproveitamento da Água da Chuva*. Curitiba: Organic Trading Editora, 2002.

HAFNER, A. V. *Conservação e Reúso de Água em Edificações-Experiências Nacionais e Internacionais.* Dissertação M Sc. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

HANSEN, S. *Aproveitamento da Chuva em Florianópolis*. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária, UFSC, Florianópolis, 1996.

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico: Uma visão realista. In: *Águas doces no Brasil*: Capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 249-304, cap.8.

HESPANHOL, I. Potencial *de* reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquiferos. *Recursos Hídricos: APRH*, Portugal, v. 23, n.2, p.43-65, Nov. 2002.

IBAMA. *Geo Brasil – Perspectivas do meio ambiente no Brasil*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF., 2002.

IBOPE. *Águas no Brasil: a visão dos brasileiros,* 2006. Disponível em: <http://www.wwf.org.br>. Acesso em: 19 out. 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE ÁGUAS DE PORTUGAL (INAG). *A água, a terra e o homem*: ciclo da água. Novembro de 2003. Disponível em: <http://www. inag.pt>. Acesso em: 18 jun. 2009.

INTERÁGUA. *Tecnologia e gestão de água*. Disponível em: <http://www.interagua.pt>. Acesso em: 15 mar. 2009.

IOSHIMOTO, E., OLIVEIRA, L. H., GONÇALVES, O. M. *Produtos economizadores de água nos sistemas prediais*. Documento Técnico de Apoio no F2 revisão, PNCDA, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, Brasília, DF., 2004.

IVANOV, I.B.; DIMITROV, D.S. *Thin liquid films:* fundamentals and applications. New York: Ed. Marcel Dekker Inc., 1988. 1120 p.

JONES, A. Z. *The Values of Superficial Tension*. Disponível em: <http://www.about.com.Guide Physics>. Acesso em: 17 jun. 2009.

KAMMERS, P. C. Usos *Finais de Água em Edifícios Públicos*: Estudo de Caso em Florianópolis-SC. [Relatório Final de Iniciação Científica] Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

KLARREICH, E., *Films and foam*. American Scientist. USA, v. 88, n. 2, p. 152, mar/abr. 2000.

LEI MUNICIPAL DA CIDADE DE CURITIBA-PR, Nº 10.785, de 18 de setembro de 2003. *Programa de Conservação e Uso Racional de água nas Edificações (PURAE)*. Disponível em: domino.cmc.pr.gov.br. Acesso em 30 jul. 2010.

LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN (LEED). Desenvolvido pela Cushwake. Disponível em: <http://www.cushwake.com.br/responsabilidade_social/green_bulding-php>. Acesso em: 08 set. 2010.

MANCUSO, P.C.S. Participação comunitária e aceitabilidade da água de reúso. In: Mancuso, P.C.S., Santos, H.F. *Reúso de Água*. Barueri, SP: Editora Manole, 2003. cap. 14.

MARINOSKI, A.K.; ANDRADE, M.A.N.; LAMBERTS, R.; ROCHA, V.L. *Casa Eficiente*: uso racional da água. Florianóplis, 2009.

MEMÓRIA VIVA. Disponível em: <http://www.memoriaviva.org.br/ag.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2009.

METAEFICIENT. *The Guide to Highly Efficient Things*. Artigo. Disponível em: <http://www.metaefficient.com/kitchen-faucet.com.us>. Acesso em: 07 set. 2010.

MIELI, J. *Reúso de água domiciliar*. Dissertação M. Sc. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Produção Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ., 2001.

MILLER, C.A.; NEOGI, P. *Interfacial phenomena - Equilibrium and Dynamic effects*; Marcel Dekker Inc., New York, 1985.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Saneamento (PMSS). Disponível em: <http://www.cidades.pmss.gov.br>. Acesso em: 26 jul. 2010.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).
Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 28 set. 2010.

MONTEGOMERY, Douglas C. *Design and analysis of experiments*. Arizona State University, New York - Chincheter - Brisbane - Toronto - Sinfgapore, John Wily & Sons. Inc., 1991. 649 p.

NEOPERL. Desenvolvido pela NEOPERL - USA. Disponível em: <http://www.neoperl.com.us>. Acesso em: 06 set. 2010.

NETTO, J. M.A.; FERNANDEZ, M. F. Y.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. *Manual de Hidráulica*. 8. ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1998. 669p.

NIAGARA CONSERVATION. Desenvolvido pela NIAGARA CONSERVATION CORP. Disponível em; <http://www.niagaraconservation.com>. Acesso em: 17 set. 2010.

NUNES, R.T. *Conservação da água em edifícios comerciais:* Potencial de uso racional e reúso em Shopping Center. Rio de Janeiro, 2006.

OLIVEIRA, L. H. *Metodologia para implantação de programa de uso racional de água em edifícios.* 1999. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, L. H. As Bacias sanitárias e as perdas de água nos edifícios. *Revista Ambiente Construído.* Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 39-45, out./dez. 2002.

OLIVEIRA, S. M. *Aproveitamento da Água da Chuva e Reúso de Água em Residencias Unifamiliares: Estudo de Caso em Palhoça - SC.* [Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação]. Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

OLIVEIRA, Y. V. Uso do Balanço Hídrico Seriado para o Dimensionamento de Estrutura de Armazenamento de Água das Chuvas: Estudo de Casos. [Dissertação de Mestrado]. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

OMS. Desenvolvido pela Organização Mundial de Saúde, 2009. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/en/index.html>. Acesso em: 17 jan. 2009.

OPA/CEPIS. *Água*: Não ao desperdício, não à escassez! Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente. ABES. P. 50. 2002

PINHEIRO, Ivete P. *Introdução à metodologia científica*. CEFET-MG, Belo Horizonte, 2006.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA (PNCDA). Desenvolvido pelo Ministério das Cidades, 2006. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em: 09 dez. 2009.

PRUDÊNCIO Jr., L. R. *Métodos Estatísticos*. Núcleo de Pesquisa em Construção - NPC, UFSC. Santa Catarina, agosto de 1999.

PURA-USP. *Apresentação do Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo*. São Paulo, 2006. Disponível pelo Ministério das Cidades em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Exemplos/Arqs/PURAUSP_110406.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2009.

REBOUÇAS, A. *Uso inteligente da água*. São Paulo: Escrituras Editora, 2004. 207 p.

REBOUÇAS. A. *Uso Cada Vez Mais Eficiente da Gota d´Àgua Disponível*. SOECO/MG, 2003. Gerenciamento Sustentável da Água da Chuva. Disponível em: <http://www.soecomg.hpg.ig.com.br/agua8.htm>. Acesso em: 6 nov. 2009.

RESNICK; HALLIDAY; KRANE. *Física.* Editora LTC, Rio de Janeiro, RJ, v.2, 4ª ed., 1996.

RIBEIRO, W. C. *Distribuição política da água*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. *Caracterização e monitoramento do consumo predial de água*. Documento Técnico de Apoio nº E1, PNCDA, Ministério do Planejamento e Orçamento, Brasília, DF., 1998.

RST. *Water Saving Aerator CF* . Disponível em: <http://www.ecosist.com/perlstrahler/20CF>. Acesso em: 22 set. 2010.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. *Uso racional.* 2004. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>. Acesso em: jun. 2008.

SABESP. Estudo de casos em São Paulo. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>. Acesso em: 15 jun. 2008.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Notícias. Uso racional. Dados do consumo, 2003 *apud* KAMMERS, P. C. Usos *Finais de Água em Edifícios Públicos*: Florianópolis, 2004.

SANCHES, R.; SANTANA, M. *Reúso de Água Industriais*. NUTAU - Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2002.

SAVEWATER US. Desenvolvido pela SAVEWATER. Disponível em; <http://www.savewaterus.com>. Acesso em: 15 set. 2010.

SC-EHU. Desenvolvido pela própria, 2010. Disponível em: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/dinamica/bernoulli/bernoulli.html>. Acesso em: 11 set. 2010.

SHIKLOMANOV, I. A. *World water resources at the beginning of the 21st century.* UNESCO/IPH, 1999. Disponível em: <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/summary/html/summary.html>. Acesso em: 05 out. 2009.

SILVA, R. G. Desenvolvido pela própria, 2007. Disponível em: <http://www.sgguarani.org/microsite/pages/pt/info_aguas.php>. Acesso em: 04 nov. 2009.

SOECO/MG. *Gerenciamento Sustentável da Água da Chuva*, 2003. Disponível em: <http://soecomg.hpg.ig.com.br/agua8.htm>. Acesso em: 26 set. 2008.

TOMAZ, P. *Previsão de consumo de água*. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

TOMAZ, P. *Aproveitamento da água de chuva*. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

UNESCO/IPH. *World water resources at the beginning of the 21st century*, 1999. Disponível em: <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/summary/html/figure_1.html>. Acesso em: 05 set. 2009.

U.N. United Nations. *World Population Prospects*: The 2004 Revision. New York, 2005.

UNEP - United Nations Enviroment Programme. *Global Environment Outlook 3*: *past, present and future perspectives*. United Kingdon: Earthscab, 2002.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). *Uso Racional da água*, 2003. Disponível em: <http://www.deca.com.br/vitrine/agua/introducao.html>. Acesso em: 05 nov. 2009.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Saving Water through Sustainable Consumption and Production*: *A Strategy for Increasing Resource Use Efficiency*, *DTIE*, Paris, France, 2004

USA LANDLORD. *Landlord and Tenant Conservation Products*. 2010. Disponível em: <http://www.usalandlord.com/fa.htlm>. Acesso em: 07 set. 2010.

USP/SABESP. *Relatório Mensal 3*. Projeto de Pesquisa Escola Politécnica -1996. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>. Acesso em: 18 dez. 2009.

WESTERHOFF, G. P. Un update of research needs for water reuse In: *Water Reuse Symposium, 3*. San Diego: Califórnia, *Proceedings*... p. 1731-42, 1984.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. In: *Tecnical Report Series, World Health and Organization*. Geneva: Suisse, 1989.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) and UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND (UNICEF). *Global Water Supply and Sanitation Assessment*. USA, 2000.

ZAHRA, B.A.A.A. Water Crisis in Palestine. *Desalination.* v. 136, n.1-3, p. 93 - 99, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Pressões internas em bolhas de espuma

Do Gráfico. 5, a seguir, elaborado com os dados da Tabela. 9, pode se depreender que a pressão no interior de cada bolha diminui à medida que seu diâmetro aumenta.

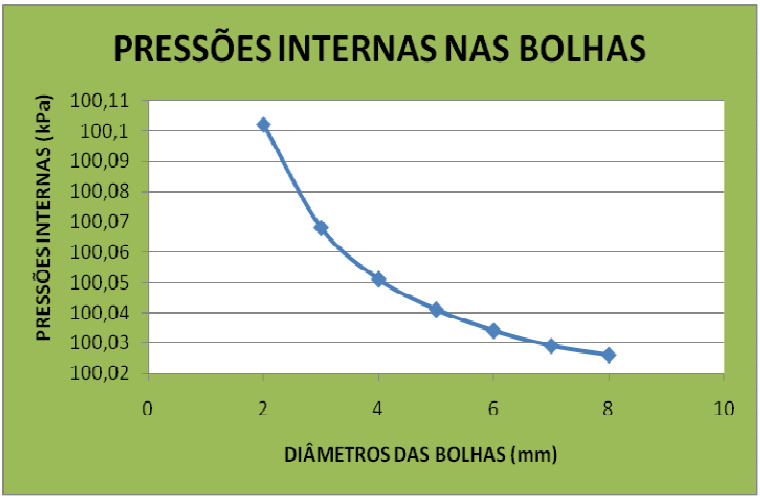

Gráfico 5 - Pressões internas x diâmetros

APÊNDICE B

Especificações técnicas para misturadores de ar à água

A NBR 11535 (ABNT, 1991), em sua especificação técnica, denominada "Misturadores para pia de cozinha tipo mesa", fixa as condições exigíveis para fabricação e utilização de misturadores de pia de cozinha, tipo mesa ou bancada. Porém, observou-se que a mesma se omite em relação ao aspecto economia do consumo de água. Em suas especificações, encontram-se as seguintes referências técnicas em relação ao arejador.

1. Arejador

Dispositivo opcional removível utilizado na saída da bica e destinado a evitar dispersão do jato de água, dotado de orifícios na superfície lateral, aparentes ou não, destinados a permitir a entrada de ar.

2. Misturadores

Os misturadores, dotados de arejador ou concentrador de jato, em que a conexão é feita por rosca, devem atender às seguintes exigências:

2.1. Tipo de rosca

Rosca do tipo métrica, conforme NBR 9527, com passo de 1mm e diâmetro de 18mm (M18 x !), 20mm (M20 x 1), 21mm (M21 x 1), 22mm (m22 x 1) e 24mm (M24 x 1);

2.2. Comprimento mínimo

O comprimento mínimo da rosca deverá ser de 3mm.

3. Direção do jato

No caso de misturador com arejador simples (não-articulável), ou concentrador de jato, as condições devem ser verificadas com o mesmo instalado. A direção do jato na saída da bica, ou arejador simples (não-articulável), com água submetida à pressão de 100 kPa, deve formar com a vertical um ângulo entre 0° e10°.

4. Dispersão do jato

O jato na saída da bica do misturador, com água submetida a 100 kPa de pressão, deve, na sua totalidade, passar internamente por uma circunferência de 300mm de diâmetro, contida em plano perpendicular à direção do jato, concêntrico com este e distante 300mm da saída do bico do misturador, e deve apresentar fator de dispersão de no máximo 5%.

5. Estanqueidade

Os obturadores dos mecanismos e as vedações entre corpo e castelo, entre castelo e haste e entre corpo e bica não devem apresentar quaisquer vazamentos quando submetidos às condições dispostas na Tabela 10.

Tabela 10 - Condições de trabalho dos mecanismos de vedação

Fluido	**Pressão estática p/ verificação de estanqueidade dos obturadores**	**Pressão estática p/ verificação de estanqueidade das vedações**	**Tempo de sujeição**
Unidade	(kPa)	(kPa)	(s)
Água	1400	700	60
Ar	550	300	20

Fonte: NBR 11535 (ABNT, 1991), p.3

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo