

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA: UM ESTUDO DE CASO EM INCUBATÓRIO DE AGROINDÚSTRIA DO OESTE DE SANTA CATARINA ¹

João Victor Ambrosi ²
Vera Lúcia Zeni Fortes ³

RESUMO

Reduzir, reutilizar são as novas tendências aplicadas tanto nas pequenas como nas grandes empresas em todos os seguimentos no mercado global, seguindo uma legislação ambiental cada vez mais rigorosas, nas agroindústrias não é diferente, alternativas para buscar eficiência na reutilização de recursos naturais são uma forma de reduzir custos e se tornar competitivo em um mercado cada vez mais exigente. O objetivo do estudo analisar a viabilidade técnica de captação da água da chuva em um incubatório de uma pequena agroindústria localizada no oeste de Santa Catarina. A metodologia foi baseada no levantamento bibliográfico e validada através da aplicação *in situ*, onde buscou-se indicar as diretrizes que pudessem nortear o dimensionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água da chuva, descrevendo passo a passo as etapas para implantação do sistema. Os resultados evidenciam que a demanda que a concessionária de fornecimento de água deixará de coletar do rio a ser tratada será de 7.248,00 m³/ano, ou 7.248.000,00 L/ano, sem considerar o desperdício inerente do processo, a receita anual gerada pela economia de água potável com o aproveitamento de água de chuva, no valor de R\$ 70.126,08, proporcionará um período de retorno do investimento correspondente a aproximadamente 2 anos e 9 meses, a partir da data de funcionamento do sistema.

Palavras-chave: Reduzir. Legislação ambiental. Custos. Captação da água da chuva.

1 INTRODUÇÃO

A avicultura de corte brasileira até o final da década de 50 era uma atividade básica de subsistência e que dispunha de poucos recursos, sendo desenvolvida de maneira familiar, (MARTINS; et al. 2004).

A partir da década de 1960, passou a ter uma maior intensidade em seu processo de produção, devido a fatores como o melhoramento genético, introdução de novas tecnologias, instalações, bases nutricionais adequadas, permitindo assim, saltos qualitativos na produção e produtividade, tornando este segmento um dos mais competitivos do país (MARTINS; et al. 2004).

¹ Artigo científico apresentado como requisito para a obtenção do título de especialista.

² Acadêmico do MBA em Engenharia de Produção e Lean Manufacturing da Uceff Faculdades.

³ Orientadora e professora da Uceff Faculdades, mestre em ciências ambientais, doutoranda do PPGG/UFSC.

Aos dizeres do Grupo Alvorada (2016), a avicultura atual no Brasil destaca-se por ser considerada uma atividade dinâmica, não somente pela produtividade e volume de abate, como no desempenho econômico e social.

A avicultura brasileira não se limita à produção de carne de frango, mas inclui a produção de matrizes, ovos, produção de pintos de um dia, engorda de frangos até o processamento e comercialização dos produtos finais. Dentre todos, um segmento importante que vem se destacando na cadeia avícola é a produção de pintos de corte, que dão sustentação para que todas as etapas posteriores possam se desenvolver de forma segura, atendendo todos os preceitos de biossegurança e legislações vigentes. (ALVORADA, 2016).

Neste contexto, a água é um item primordial, sendo que, é utilizada para diversos fins, como, higienização de equipamentos e instalações, controle de umidade nas incubadoras e nascedouros, de fato, é essencial para criação de um produto de excelente qualidade.

A água e o insumo mais importante na produção rural. Tem papel principal seja na irrigação, em processos de higiene e limpeza e principalmente na nutrição animal. As águas pluviais são aquelas que se originam a partir das chuvas. A captação dessas águas tem por finalidade permitir um melhor escoamento, evitando alagamento, erosão do solo e outros problemas (JÚNIOR.R.C 2013, p.177).

O Brasil tem por tradição aperfeiçoar suas técnicas de produção, tornar-se o grande produtor em diversos seguimentos. Entretanto, a água, seja como insumo ou agente de preservação ambiental continua elemento essencial nos processos produtivos.

Inúmeros fatores carregados pela água podem prejudicar a produção, a produtividade e onerar custos de manutenção.

Tendo em vista que a água potável é um recurso natural limitado e imprescindível a vida, questões sobre à preservação dos recursos hídricos vêm sendo difundidas na atualidade.

As técnicas de aproveitamento de água pluvial são bastante simples e utilizadas ao redor do mundo por décadas, são soluções sustentáveis que contribuem para uso racional da água, proporcionando a conservação dos recursos hídricos.

Diante do exposto apresenta-se a questão problema do estudo: **Qual a viabilidade técnica de captação da água da chuva em um incubatório de uma pequena agroindústria do oeste de Santa Catarina?** Essa pesquisa tem por objetivo analisar a viabilidade técnica de captação da água da chuva em um incubatório de uma pequena agroindústria localizada no oeste de Santa Catarina.

Essa pesquisa se justifica, pois, segundo os relatos de Dowbor e Tagnin (2005, p.290), no Brasil, o consumo de água encontra-se distribuindo entre as diversas atividades que mais

demandam água sendo que a agricultura represente 85% do consumo, a indústria 10% e o uso doméstico 5%.

2 A GESTÃO AGROINDUSTRIAL

A agroindústria é uma empresa que processa matérias-primas oriundas da agricultura, entre as quais produção vegetal e animal, e que responde, ao mesmo tempo, pelas atividades de seleção de tecnologias de processo e produto, gestão da qualidade, logística e marketing dos produtos (AUSTIN, 1981).

Para gerir os seus fluxos de produção, as empresas podem utilizar um sistema *just-in-case* (fluxo "empurrado" por um plano diretor de produção), um sistema *just-in-time* (fluxo "puxados" pelos pedidos), ou ainda uma combinação destes dois. Cada uma destas duas "filosofias" de gestão se traduz por técnicas, ferramentas e metodologias que lhes são próprias. (BATALHA. 1994, p.54).

Marreiros (2012), explica que no *just-in-case*, a gestão de um negócio se conduz a que se produza segundo a máxima capacidade de produção dos recursos.

Para esse autor, o ritmo de produção é ditado pela capacidade excessiva do primeiro processo, que "empurra" a produção em direção aos processos sucessivos, resultando inventário consideravelmente mais alto do que necessário, e principalmente, gerando estoques elevados, encarecendo o processo produtivo.

Hutchins (1993), relata que as metas colocadas por este sistema em relação aos vários problemas de produção são de extinguir os defeitos, tempo de preparação, estoque, movimentação, quebra, Lead Time, e lote unitário.

Relata Marreiros (2012), tais filosofias produtivas expressão as afirmativas como no *just-in-case* "Caso for necessário, estará pronto", e no *just-in-time* "Quando for necessário estará pronto".

A análise das filosofias, não são mutuamente exclusivas, suas aplicações devem ser feitas levando em conta uma série de aspectos, dentre os quais se salientam: as eventuais limitações da capacidade produtiva, a natureza dos processos produtivos, o número de produtos, a tecnologia utilizada, a combinação de produtos e a natureza da demanda. (JÚNIOR; et al. 1989).

No reaproveitamento da água da chuva o *just-in-time* minimiza os custos produtivos e maximiza a eficiência ecológica industrial, com a extinção do uso da água tratada fornecida pela concessionária local, reutilizando a água precipitada da cobertura e transformando-a em potável, tornando o produto final gerado mais barato, fazendo a empresa ganhar credibilidade no mercado.

2.1 SUSTENTABILIDADE E MEIO AMBIENTE

De acordo com Silva (2014), a definição de desenvolvimento sustentável, cada cidadão, enquanto consumidor, membro de uma empresa ou do governo, precisa repensar seu comportamento, passando a adotar práticas que fortaleçam a sustentabilidade de todos os processos, tanto sociais quanto políticos, econômicos e ambientais.

O tema meio ambiente assumiu uma posição de destaque entre as preocupações de toda a sociedade, e nos últimos anos vem passando por um processo permanente de reavaliação. A tendência que se vem observando, em muitos países, é a da transferência de responsabilidades para o fabricante sobre a destinação correta aos produtos que ele fabricou, ao fim de sua vida útil. Conduzindo assim à necessidade de se analisar os projetos desses diversos produtos, tornando-os menos agressivos ao meio ambiente e, em muitos casos, mais duráveis, obedecendo a uma das premissas do consumo sustentável. (LIMA; et al. 2013).

Para Hespanhol (2005), o sucesso da iniciativa a racionalização de uso da água é a importância que se dá a este recurso. A água deve ser considerada um insumo cuja a disponibilidade é limitada, o que torna dotada de valor econômico.

Segundo Valle (1995), quando os custos dos impactos ambientais não são assumidos pelos causadores do problema essa conta será paga por toda a sociedade.

Com o intuito de padronizar as ações que deveriam ser tomadas nessa nova ótica de proteger o meio ambiente, a Organização Internacional de Normatização (ISO – International Organization for Standardization) criou um sistema de normas que convencionou se designar pelo código ISO 14000. (VALLE. 1995).

A família de normatização da série NBR ISO 14000, são passíveis de certificação a ISO 14001 que guia a implantação do sistema chegando até a 14040 que analisa o ciclo de vida do produto e seus impactos no entorno.

Com a série ISO 14000, as normas ambientais passaram a ultrapassar as fronteiras nacionais e colocam a gestão ambiental no mesmo plano já alcançado pela gestão da qualidade. Cria-se assim, mais um critério competitivo para as empresas que exportam e disputam posições em um mercado cada vez mais interligado. Influenciando a decisão de compra do consumidor final nos pontos de venda e nas gôndolas dos supermercados, com o uso de símbolos de conformidade ambiental, estampados nos produtos ou em suas embalagens. (Norma ISO 14020 e seguintes – Rotulagem ambiental).

No âmbito interno, a ISO 14001 permite que as empresas estruturem suas práticas de gestão ambiental a partir de um quadro referencial reconhecido, encorajando, assim, as preocupações com o verde no seio da organização. No âmbito externo, ela representa uma forma de melhorar a imagem e o reconhecimento da organização em virtude de seu engajamento ambiental. (SOLEDADE, et al. 2007).

O Brasil atingiu em até maio de 2017 a marca de 1.663 certificados emitidos válidos dentro da SBAC da ISO 14001, com o número de concentração de certificações na região Sul de 292, correspondendo 17,55% do total. (CERTIFIC, 2017).

De acordo com a Lei 10.165/2000, tabela de atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais, verifica-se à classificação do setor agroindustrial, onde se enquadra no código 16, na categoria indústria de produtos alimentares e bebidas, com potencial de poluição e grau de utilização de recursos naturais como médio.

Disponer de uma política de gestão ambiental no mesmo patamar das políticas de gestão da qualidade são vitais aos setores agroindustriais, determinar melhorias nesta quais se tomam ações corretivas são extremamente importantes para a contínua inovação e excelência do setor, sendo a ISO 14001 a certificação ideal para alcançar metas ambientais conciliada ao PDCA.

2.2 PDCA A USO DA ISO 14001 PARA CRIAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL (SGA)

De acordo com Werkema (1995), as ferramentas de qualidade são técnicas utilizadas com a finalidade de definir, mensurar, analisar e propor soluções para os problemas que interferem no bom desempenho dos processos.

Fazem parte das principais ferramentas de qualidade o programa 5S, Ciclo PDCA – *Plan-Do-Check-Act* (planejar, organizar, dirigir e controlar), Gestão pela Qualidade Total (TQM – *Total Quality Managment*), Kanban, 5W1H, Análise do Modo e Efeito das Falhas (FMEA), *Benchmarking*, *Brainstorming*, *Checklist*, Círculos de Controle da Qualidade (CCQ), Controle Estatístico do processo (CEP), Diagrama de Ishikawa (causa e efeito), Gráfico de Pareto, Histograma, Desdobramento da Função Qualidade (QFD – *Quality Function Deployment*), Seis Sigma e ServQual . (DOTTO, 2012).

Segundo Demajorovic (2006), a norma ISO 14001 adota os princípios da melhoria contínua, fazendo uso da ferramenta PDCA, um ciclo dinâmico no qual se reavalia permanentemente o sistema de gestão e procura a melhor relação possível com o meio ambiente.

Aos dizeres de Hammar (2017), o método de melhorias PDCA, esta intrinsecamente em todos os processos e requisitos da ISO 14001 de tal forma a criar o sistema de gestão ambiental.

O PDCA do SGA (ISO 14001), o planejamento (P) consiste da identificação e avaliação dos aspectos ambientais, identificação dos requisitos legais e outros

pertinentes. Na execução (D) devem ser definidas responsabilidades e autoridades; recursos e tecnologias devem ser provisionados, de modo a gerenciar adequadamente os aspectos ambientais, utilizando procedimentos de operação e manutenção, além de estar preparado para atuar em situações de emergência. A checagem (C) da gestão devem ser monitorados os resultados ambientais, avaliada a conformidade com os requisitos legais e outros, e realizar auditorias internas. A partir dessas informações, verifica-se a necessidade de tomada de ações corretivas ou preventivas no âmbito da média gerência e pela alta administração, consolidando o elemento ações (A) do sistema de gestão. (VILELA, 2006).

São vastas as ferramentas de qualidade que podem ser utilizadas pelas organizações, porém cabe a cada organização de acordo com seus objetivos e pertinências escolher o melhor encaixe das técnicas na sua gestão. Na atividade industrial aproveitar a água de chuva representa economia de água tratada, redução de custos e, também pode contribuir para a obtenção da certificação da norma ISO 14001.

3 METODOLOGIA

A sequência de desenvolvimento do projeto de sistema de aproveitamento de água pluvial é baseada nas condições do arcabouço teórico-conceitual, referências bibliográficas e metodologia aplicada em um estudo de caso com pesquisa descritiva, qualitativa, com níveis de análise de interpretação estatística descritiva.

A seguir, são descritos os passos para implantação do desenvolvimento do projeto que objetiva racionalizar o uso da água através de sua captação pluvial pela cobertura da edificação, transmitindo a água para o sistema de tratamento e armazenamento redirecionando-a para sua utilização na higienização e em banheiros no incubatório, considerando, dados reais de precipitação, área de coleta, demanda e custos com a utilização, operação e manutenção do sistema.

1º passo: Dados de concepção do projeto, contendo tipo da edificação, cálculo de custos consumidos de água e usos pretendidos para a água da chuva;

2º passo: Dados de entrada do projeto, contendo área de coleta (m²), intensidade pluviométrica local (mm/h), análise da quantidade e qualidade da água de chuva, dispositivo de autolimpeza ou descarte e escolha do sistema de tratamento;

3º passo: Etapas de desenvolvimento do projeto contendo, determinação do coeficiente de deflúvio; cálculo da vazão de projeto; dimensionamento das calhas; condutores verticais e horizontais, reservatório, dimensionamento de bombeamento, esquema do projeto final.

3.1 CONCEPÇÃO DO PROJETO

A edificação situa-se no oeste do estado de Santa Catarina, possui uma área construída total aproximada de 6.200,00 m², somente um pavimento o térreo, destinada à incubação de aves, uso industrial, tipo barracão.

O cálculo da demanda mensal em m³ se deu na seguinte maneira:

Quantidade de funcionários: 60, sendo 40 homens e 20 mulheres;

Consumo diário (bacia sanitária): considerando-se um volume de descarga de 9L/pessoa e uma frequência de 1 vez/homens e 4 vezes/mulheres, então tem-se:

Homens: $40 \times 1 \times 9 = 360,00\text{L}/\text{dia}$;

Mulheres: $20 \times 4 \times 9 = 720,00/\text{dia}$;

Total = 1.080,00L/dia.

Consumo mensal (bacia sanitária): $1.080,00\text{L}/\text{dia} \times 22$ dias uteis trabalhados do mês 23.760,00L/mês ou 24 m³/mês. Consumo mensal (higienização): considerou-se um volume de 25 m³/dia x 22 dias úteis trabalhados do mês, resultando em 550 m³/mês.

Além disso considerando-se um consumo previsto de 30 m³/mês referente aos mictórios, resultando em uma demanda mensal de 604 m³/mês.

Consumo diário (totais): 604 m³/mês divididos por 22 dias uteis trabalhados do mês, totalizando 28 m³/dia. O valor fornecido pela concessionária de abastecimento tarifado de água local no mês de março de 2017, é de R\$ 5,78 por m³ para consumo inferior igual a 10 m³ e R\$ 9,7408 por m³ para consumo superior a 10 m³ totalizando um custo de água mês conforme cálculo abaixo:

Custo de água mês = $(10 \text{ m}^3/\text{mês} \times \text{R\$ } 5,78 \text{ m}^3) + (594 \text{ m}^3/\text{mês} \times \text{R\$ } 9,7408 \text{ m}^3)$

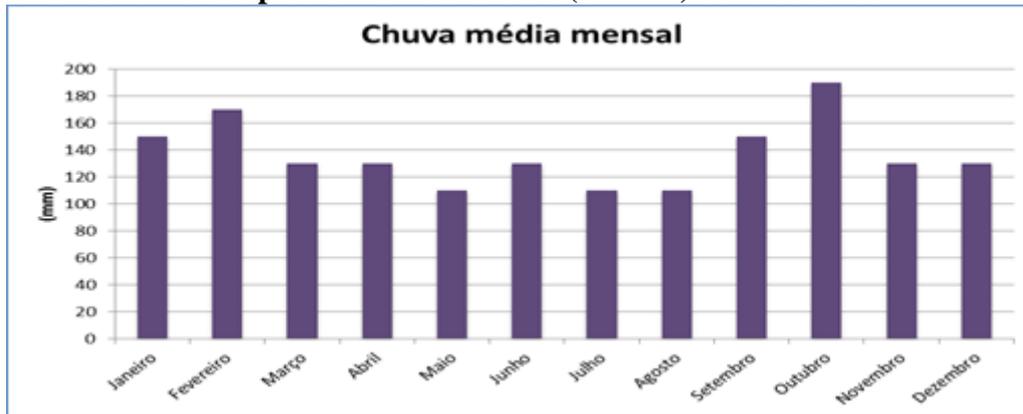
Custo de água mês = R\$ 5.843,84. Os usos pretendidos para a água da chuva são na descarga de bacias sanitárias, mictórios, e higienizações no processo fabril. Os dados coletados foram repassados pelo supervisor do incubatório e pela concessionária de fornecimento de água local.

3.2 ENTRADA DO PROJETO

A área de coleta considerada para a captação das águas pluviais foi somente do telhado, contendo uma área de cobertura aproximada total de 5.850,00 m². Como o estudo foi

desenvolvido na região oeste catarinense, foram considerados os dados de precipitação referentes aos índices pluviométricos anuais (em mm) dos últimos 44 anos (1960 a 2004) que em sua média de acordo com a EPAGRI/CIRAM, (2017), de 130 mm/h, que pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1: índices pluviométricos anuais (em mm) de 1960 a 2004



Fonte: EPAGRI/CIRAM (2017).

A análise da qualidade da água provinda da precipitação deve atender os padrões estabelecidos pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde de 2004 e da NBR 15.527 de 2007 – Água da chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

De acordo com Coscarelli (2010), a desinfecção da água da chuva pode ser realizada através de métodos simples, desde que esse processo seja feito de forma segura e que não inviabilize economicamente o sistema. Aos dizeres de Braga et al., (2005), não existe água pura na natureza, a não ser as moléculas de água presentes na atmosfera na forma de vapor. Assim que ocorre a condensação, começam a ser dissolvidos na água os gases atmosféricos.

O tipo de material do qual é feito o telhado também pode influenciar a qualidade da água da chuva, do ponto de vista microbiológico, o material ideal para a construção de telhados, para um melhor aproveitamento da água, é o metal, o qual se aquece muito quando exposto ao sol, fazendo com que os patógenos não consigam sobreviver. (BRUNET, 2004).

Os primeiros 1 ou 2 milímetros de chuva deve ser descartado, pois concentram a maior carga de poluentes e microrganismos, para garantir que a água da chuva adquira características de água destilada, podendo ser coletada em reservatórios fechados. (ROGGIA, 2007).

Como relata Paula (2005), o sistema de descarte é composto por válvulas automáticas, sem intervenção humana, garantindo a qualidade da água reservada, sendo adotado o tipo horizontal. O grau de pureza foi considerado segundo Fendendrich & Oliynik (2002), tipo A,

sendo o tipo de área de coleta não utilizados por pessoas e animais, com usos aconselháveis em sanitários e se purificadas, podem ser consumidas.

As técnicas de tratamento utilizaram-se dos pretextos da floco-decantação, seguida por dupla filtração, utilizando-se leitos de carvões antracitosos e ativados. O sistema opera através de um painel de controle que comanda cinco bombas dosadoras de produtos químicos, ajusta automaticamente o pH na entrada do processo e os sensores de níveis acionam em modo automático a moto bomba de recalque das águas para o sistema de tratamento e a moto bomba de envio das águas tratadas ao reservatório e/ou para a retro lavagem dos filtros. Fabricadas em PRFV, oferecem total resistência química e mecânica, são equipamentos versáteis que operam em quaisquer vazões, pintura epóxi, com baixo custo operacional e facilidade de controle. (ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA, 2017).

Portanto, o modelo de sistema de tratamento adotado e demonstrado na Figura 1, sendo tal sistema padronizado pela Águas Claras Engenharia, empresa possuidora de sistema de gestão integrada de qualidade, segurança, meio ambiente, saúde e certificado nas normas da ABNT – NBR 14.799/2002.

Figura 1: Sistema de tratamento



Fonte: Águas Claras Engenharia (2017).

4 DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO PROJETO

Para o início do desenvolvimento do projeto é necessário a determinação do coeficiente de deflúvio ou coeficiente de Runoff (C), e a minoração do volume total precipitado considerando a parcela de descarte da água da chuva inicial. Portanto, levando em conta a parcela de descarte de coleta da água da chuva, foi adotado um valor prático de 1, sendo este valor utilizado no cálculo do volume de água a ser armazenada.

Conforme a ANBT NBR 15.527 (2007), o coeficiente de deflúvio é a reação entre volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado. Para o cálculo da vazão

de projeto, adotou-se o valor de coeficiente de deflúvio igual a 1, que representa que, toda a água que precipitar sobre as águas dos telhados irá escoar pelas calhas e demais componentes do sistema de coleta de água da chuva, em conformidade com a seguinte equação, que de acordo com a NBR 10.884 (1989) se processa:

$Q_{\text{cobertura}} = C \times ((i \times A) / 60)$, onde:

$Q_{\text{cobertura}}$ é a vazão, em L/min;

C é o coeficiente de deflúvio;

i é a intensidade da chuva, em mm/h;

A é a área de drenagem, em m^2 .

Portanto, dividindo a área da cobertura $5.850,00 \text{ m}^2$ por 6 pontos de coleta da água precipitada, obteve-se os seguintes valores de vazão de projeto:

$A = 5.850,00 \text{ m}^2 / 6 \text{ pontos de coleta} = 975,00 \text{ m}^2$;

$i = 130 \text{ mm/h}$;

$C = 1,0$.

$Q_{\text{cobertura}} = 1,0 \times ((130 \times 975,00) / 60) = 2.112,50 \text{ L/min}$ para cada ponto de coleta.

Para a determinação e dimensionamento das calhas coletoras desta vazão calculada anteriormente, adotou-se o tipo de calha em concreto liso e lâmina d'água a meia altura, utilizou-se a NBR 10.844 (1989), pela seguinte fórmula de Manning – Strickler, obtendo os valores da tabela 1 de vazões em L/min de Creder (2013):

$Q_{\text{calhas}} = K \times (S / n) \times ((R_h)^{2/3}) \times ((d)^{0,5})$, onde:

Q_{calhas} é a vazão de projeto, em L/min;

S é a área de seção molhada, em m^2 ;

n é o coeficiente de rugosidade;

R_h é o raio hidráulico em m;

P perímetro molhado, em m;

D é a declividade da calha, em m/m;

K constante 60.000.

Tabela 1: Vazões em L/min em calhas retangulares de concreto liso e lâmina d'água a meia altura

Vazões em L/min em calhas retangulares de concreto liso e lâmina d'água a meia altura				
Dimensão (m)		Declividade		
a	b	0,5%	1%	2%
0,20	0,10	366	518	732
0,30	0,20	1626	2299	3251
0,40	0,30	4124	5832	8248
0,50	0,40	8171	11656	16343
0,60	0,50	14050	19870	28100
0,70	0,60	22022	31144	44044
0,80	0,70	32334	45727	64668
0,90	0,80	45220	63950	90439
1,00	0,90	60903	86130	121806

Fonte: CREDER. (2013).

Portanto, as dimensões da calha para escoar uma vazão de 2.112,50 L/min, de acordo com a tabela 1, calha de seção retangular, de material concreto liso, com declividade 1%, trabalhando com metade da seção:

a (largura) = 0,30 m;

b (altura) = 0,40 m;

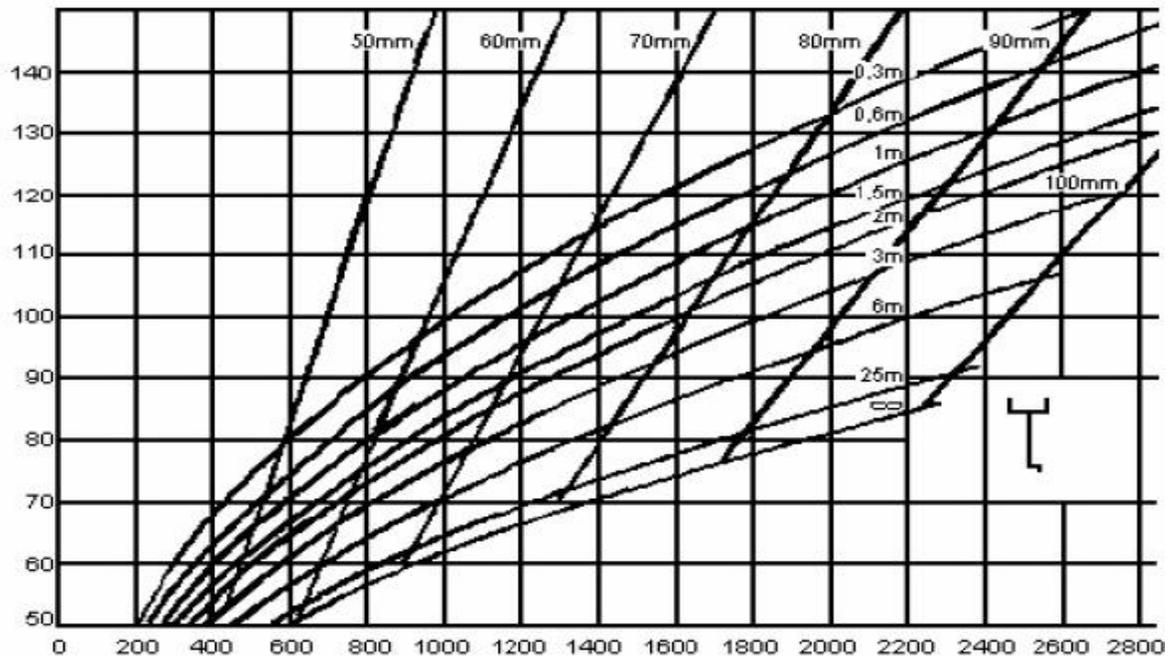
$Q_{\text{calha}} = 2.299 \text{ L/min} > Q_{\text{cobertura}} = 2.112,50 \text{ L/min}$.

Atende as especificações de projeto, vazão máxima de cada coletor.

Para o dimensionamento dos condutores verticais de acordo com a NBR 10.844 (1989), conhecendo a vazão de projeto (Q), a altura da lâmina de água na calha (H), e o comprimento do condutor vertical (m), é utilizado o ábaco da figura 4 abaixo, assim é definido o diâmetro dos condutores verticais em (mm), sendo que nenhum condutor vertical pode ter diâmetro inferior a 75 mm.

Entrando com as informações de vazão de 2.112,50 L/min, altura de lâmina 100 mm, comprimento do coletor vertical adotado 6 m, na Figura 2, temos um diâmetro de $D = 100$ mm, para os coletores verticais.

Figura 2: Curvas para dimensionamento de calha com funil de saída



Fonte: ABNT NBR 10.844 (1989).

Porém, como demonstra de Reis (2007), para a verificação da vazão máxima dos coletores verticais, a fim que o regime não seja forçado, estipula-se uma taxa de ocupação (T_o) da área da seção transversal do condutor vertical, de acordo com a tabela 2, extraída da equação a seguir:

$$Q = 0,019 \times ((T_o)^{5/3}) \times ((D)^{8/3}), \text{ onde:}$$

Q é a vazão de projeto (L/min);

D é o diâmetro interno do condutor vertical (mm);

T_o é a taxa de ocupação.

Estipulando-se uma taxa de ocupação de (T_o) de 30% da área da seção transversal do condutor vertical, de acordo com a Tabela 2, observa-se que será necessário para uma vazão de 2.112,50 L/min de uma tubulação de 200 mm, para cada ponto dos coletores verticais.

Para o dimensionamento dos condutores segundo Creder (2013), deve ser feito para escoamento com lâmina de altura d'água igual a $2/3$ do diâmetro interno do tubo.

Tabela 2: Vazão máxima de condutores verticais em função da taxa de ocupação

Taxa de ocupação (T_o)	25%	30%
D_{int} (mm)	Vazão máx. (L/min)	
75	188,57	255,54
100	...	550,33
150	...	1622,3 3
200	...	3494,3 7
250	...	6335,7 2

Fonte: REIS. (2007).

Na Tabela 3 e 4 extraída da ABNT NBR 10.844 (1989), temos uma indicação do diâmetro interno em função da vazão e o coeficiente de rugosidade.

Para uma tubulação de plástico, o coeficiente de rugosidade de n igual a 0,011, entrando com este dado na tabela 3, com a vazão calcula necessária para suprir a demanda dos 6 coletores verticais de = 12.675,00 L/min, com uma inclinação de 4%, nesse caso, será necessário 2 tubos de 250 mm cada.

Tabela 3: Capacidade de condutores horizontais de seção circular em vazões em L/min

Diâmetro Interno (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	172	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1198	1690	358	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2670	3650	1190	1870	2360	3350	1100	1540	2180	6040
250	2350	3310	4580	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	8500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: ABNT NBR 10.844. (1989).

Tabela 4: Coeficiente de rugosidade

Material	<i>n</i>
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: ABNT NBR 10.844. (1989).

O dimensionamento do reservatório de água precipitada utilizou-se o pretexto do volume calculado da demanda mensal de 604 m³/mês ou 604.000,00 L/mês e o método atualmente mais utilizado que de acordo com Tomaz (2003) e Roggia (2007) é o método de Rippl, que pode ser observado na Tabela 5.

Na Tabela 5 o cálculo forneceu um volume do reservatório de 263,00 m³. Verificou-se que haverá overflow de 328,00 m³ observado da tabela 6, e que não será necessária água de outra fonte para suprir o reservatório.

O volume de água de chuva considerando o coeficiente de Runoff de 0,80 será de 7.674,00 m³/ano, portanto, maior que a demanda anual de 7.248,00 m³.

Tabela 5: Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl para demanda constante de 604 m³/mês

Coeficiente de runoff (CR) = 0,8								
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m ³)	Situação do reservatório	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	
Janeiro	150	604	5850	702	-98	0	E	
Fevereiro	170	604	5850	796	-192	0	E	
Março	130	604	5850	608	-4	0	E	
Abril	130	604	5850	608	-4	0	E	
Mai	110	604	5850	515	89	89	D	
Junho	130	604	5850	608	-4	85	S	
Julho	110	604	5850	515	89	174	D	
Agosto	110	604	5850	515	89	263	D	
Setembro	150	604	5850	702	-98	165	S	
Outubro	190	604	5850	889	-285	0	E	
Novembro	130	604	5850	608	-4	0	E	
Dezembro	130	604	5850	608	-4	0	E	
Total	1640	7248		7674	Volume=	263		

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Neste sentido conforme a Tabela 5, percebe-se a utilização das precipitações médias mensais para uma área total de coleta de 5.850,00 m² de água da chuva. Após o dimensionamento do reservatório, cujo volume de 263,00 m³, o mesmo é distribuído entre 2 reservatórios comerciais de 110,00 m³ e 1 reservatório superior de 45,00 m³ totalizando 265,00 m³ equivalente a 265.000,00 L. Para o dimensionamento do sistema de bombeamento foram observadas as recomendações da ABNT NBR 15.527 (2007).

A determinação de vazão de recalque é determinada pela seguinte fórmula:

$Q_{rec} = CD / NF$, onde:

Q_{rec} é a vazão de recalque (m³/h);

NF é o número de horas de funcionamento da bomba;

CD é o consumo diário de água não potável (m³/dia), então temos:

$Q_{rec} = 28 / 7 = 4,0$ m³/h, ou 0,00111 m³/s.

Para o dimensionamento do diâmetro de recalque e sucção utilizou-se a fórmula de Forchmeir, segundo Roggia (2007), conforme apresentado abaixo:

$D_{rec} = 1,3 \times ((Q_{rec})^{1/2}) \times ((X)^{1/4})$, onde:

D_{rec} é o diâmetro de recalque (m);

Q_{rec} é a vazão de recalque (m³/h) para (m³/s);

X é o número de horas de funcionamento sobre 24 horas diárias, de acordo com a NBR 5.626 (1998), adota-se o valor de 7 horas diárias, então temos:

$$D_{rec} = 1,3 \times ((0,00111)^{1/2}) \times ((7/24\text{horas})^{1/4}) = 0,032 \text{ m ou } 32 \text{ mm.}$$

De acordo com a NBR 5.626 (1999), o dimensionamento do diâmetro da sucção se dá adotando um diâmetro superior ao diâmetro dimensionado ao recalque, portanto temos o diâmetro de sucção D_{suc} igual a 40 mm.

A determinação da altura manométrica se dá pela seguinte equação:

$$H_{man} = H_{man.rec} + H_{man.suc}, \text{ onde:}$$

H_{man} é a altura manométrica total (m);

$H_{man.rec}$ é a altura manométrica de recalque (m);

$H_{man.suc}$ é altura manométrica de sucção (m).

A potência da bomba é dada pela seguinte equação:

$$N = (1000 \times Q_{rec} \times H_{man}) / (75 \times n), \text{ onde:}$$

N é a potência motriz (cv);

Q_{rec} é a vazão de recalque (m³/s);

H_{man} é a altura manométrica (m³/s);

n é o rendimento.

Portanto, os cálculos foram simplificados, onde pode ser observado a Figura 3, onde demonstra a grandezas utilizadas e se obtém a altura manométrica e a potência da bomba necessária, definido o tipo de moto-bomba a ser utilizada.

Figura 3: Planilha de dimensionamento de bomba

RESULTADO NO SISTEMA	
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (mca)=	13,32
POTÊNCIA REQUERIDA (HP)=	0,25
MOTOR RECOMENDADO (HP)=	0,30
VELOCIDADE NA SUCÇÃO (m/s)=	0,88
VELOCIDADE NO RECALQUE (m/s)=	1,38
PRESSÃO DE VAPOR D`AGUA (Kgf/cm²)=	0,0322
PESO ESPECÍFICO (Kgf/dm³)=	0,9970
PRESSÃO ATM LOCAL (kgf/cm²)=	0,9110
NPSH Disponível=	7,76

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Por razões comerciais o conjunto moto-bomba a ser adotado em atendimento aos valores calculados terá as seguintes especificações de acordo com a Schneider moto-bombas (2011).

Conjunto moto-bomba modelo BC – 91 S/T, monoestágio centrífuga com potência de 1/3 cv, tensão nominal de 220V, frequência de 60 Hz, diâmetro de sucção de 1 ¼”, diâmetro de recalque de 1”, com altura máxima de sucção de 8 m.c.a, rotor de 97 mm, com altura manométrica total de 14 m.c.a com vazão em m³/h válida para sucção de 0 m.c.a de 4,6.

O sistema de distribuição da água da chuva do barracão industrial deverá manter o sistema atual, onde que, somente que, conecta-se a saída da tubulação de recalque, na caixa d’água de armazenamento superior, através de um sensor de nível que acionará a entrada de água potável. A Figura 4 demonstra a planta esquemática do sistema de reaproveitamento da água.

Figura 4: Planta esquemática do sistema de reaproveitamento de água da chuva



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Portanto, a Figura 4, mostra o projeto do sistema de aproveitamento da água da chuva desenvolvido no programa de representação gráfica Autodesk Autocad 2016.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do estudo foi analisar a viabilidade técnica de captação da água da chuva em um incubatório de uma agroindústria de pequeno porte localizada na região do oeste de Santa Catarina, determinando as diretrizes normativas e de gestão de procedimentos a se embasar a sustentabilidade, bem como avaliar a viabilidade técnica e econômica da instalação. A água de chuva deve ser aproveitada nos banheiros e mictórios, bem como nos sistemas de higienização.

Para embasamento da viabilidade técnica e econômica da instalação deste sistema de coleta e aproveitamento da água da chuva, foi considerada a tarifa que a concessionária de fornecimento de água utilizou no mês de março de 2017, gerando um custo de água mês igual a R\$ 5.843,84 anteriormente calculado no item 3.1.

Além disso, foi calculado o valor de demanda de 604,00 m³/mês e o índice pluviométrico médio mensal de 130,00 mm/h, relativos aos últimos quarenta e quatro anos (1960 a 2004).

Nos custos dos materiais utilizados foram considerados também os custos de mão-de-obra da instalação e execução, sendo estes fornecidos pela empresa Águas Claras Engenharia, totalizando um custo no mês de maio do ano de 2017 de R\$ 160.091,12.

No custeio de operação e manutenção, foram considerados os custos de mão-de-obra e acessórios referentes a reparos do sistema, além do consumo de energia elétrica do bombeamento, adotando-se para tal o percentual de 20% sobre o total dos custos dos materiais e mão-de-obra fornecidos pela Águas Claras Engenharia, totalizando o custo de operação e manutenção de R\$ 32.018,22.

Tais custos deveram obedecer às seguintes etapas executivas do sistema para serem válidos no tempo total de 37 dias úteis:

1º etapa: Construção da cisterna, marcação do local e nível do terreno, serviços de terraplanagem e escavação, instalação da cisterna e filtros, no tempo de execução de 15 dias úteis;

2º etapa: construção das calhas de captação, marcação do local e nível do terreno, serviços de escavação, instalação da proteção da tubulação nas passagens dos caminhões, instalação das tubulações de captação, descidas, ramais e linha principal, fechamento das valas das tubulações, no tempo de execução de 5 dias úteis;

3º etapa: recalque da cisterna inferior para o reservatório superior, marcação do local e nível do terreno, serviço de escavação, instalação da tubulação de recalque, motobomba e controle automático, fechamento das valas das tubulações, no tempo de execução de 5 dias úteis.

4º etapa: tubulação sistema de higienização e banheiros, instalação da linha principal do sistema de higienização, do reservatório superior e saída para os banheiros, alteração nas conexões da moto-bomba, no tempo de execução de 10 dias úteis;

5º etapa: teste estanqueidade e pressões das tubulações e recalques, comprovação do funcionamento de todo o projeto, no tempo de execução de 2 dias úteis.

A receita anual gerada pela economia de água potável com o aproveitamento de água de chuva, no valor de R\$ 70.126,08, proporcionará um período de retorno do investimento correspondente a aproximadamente 2 anos e 9 meses, a partir da data de funcionamento do sistema, isto é, quanto mais elevados forem as precipitações, área de coleta, menor será o prazo de recuperação do investimento.

A demanda que a concessionária de fornecimento de água deixará de coletar do rio a ser tratada será de 7.248,00 m³/ano, ou 7.248.000,00 L/ano, sem considerar o desperdício inerente do processo.

Para propor uma futura certificação da NBR ISO 14001, seria interessante complementar este estudo com um sistema de tratamento de esgoto, a fim de reduzir os impactos gerados pelo incubatório e realizar um levantamento da demanda de energia elétrica a fim de dimensionar um sistema integrado de energia solar, zenital e eólica a suprir a demanda.

Tal sistema poderá servir de parâmetro a dimensionamentos em outras incubadoras da região oeste de Santa Catarina, a fim de expandir o compromisso a sociedade para a redução do consumo de recursos hídricos não sustentáveis, gerando produções competitivas e agregando valor aos produtos processados.

REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **Água da chuva aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: Requisitos**. NBR 15.527 de setembro de 2007.

_____. **Sistema de gestão ambiental:** Diretrizes gerais sobre os princípios, sistemas e técnicas de suporte. NBR ISO 14001. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2015

_____. **Instalação predial de água fria.** NBR 5.626 de setembro de 1999.

_____. **Instalações prediais de águas pluviais.** NBR 10.844 de dezembro de 1989.

_____. **Reservatório poliolefinico para água potável:** Requisitos. NBR 14.799 de abril de 2002.

_____. **NBR ISO 14020: rótulos e declarações ambientais: princípios gerais.** Rio de Janeiro, 2002.

ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA. **Estação de tratamento de água.** Disponível em: <http://aguasclarasengenharia.com.br/estacao-de-tratamento-de-agua/>. Acesso em: 14 mar. 2017.

ALVORADA, Grupo. **Avicultura.** 2016. Disponível em: <http://www.granjaalvorada.com.br/avicultura>. Acesso em: 27 nov. 2016.

AUSTIN, J. E. **Agroindustrial project analysis.** Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1981.

BATALHA, M. O. **A Gestão da Produção em Firms Agroindustriais.** 1994.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental.** 2ª Edição. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2005.

BRUNET, G. **Rainwater harvesting: A win-win option.** Austin. Texas State University. 2004. Disponível em: <http://www.arcsa-usa.org/>. Acesso em: 14 mar. 2017.

CERTIFIC, I. **Situação dos certificados válidos.** Brasil. 2017. Disponível em: <http://certifiq.inmetro.gov.br/Grafico/ValidosPorUnidadeFederativa>. Acesso em: 26 mai. 2017.

COSCARELLI, A. P. F. **Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em uma atividade industrial:** Estudo de caso de uma edificação a ser construída, Rio de Janeiro, RJ. UERJ, Rio de Janeiro, 2010.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias.** 6ª, ed. Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 2013.p.271-280.

DEMAJOROVIC, J. **Modelos e ferramentas de gestão ambiental:** desafios e perspectivas para as organizações. Editora Senac, São Paulo, 2006.

DOTTO, V. R. **Sistema de gestão ambiental:** Estudo de caso em uma agroindústria de laticínios. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. 2012.

DOWBOR, L.; TAGNIN, R. A. **Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade**. São Paulo: SENAC/SP, 2005.

EPAGRI; CIRAM. **Climatologia de chuvas**. Disponível em: http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=141&Itemid=363. Acesso em: 16 mai. 2017.

FENDRICH, R; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 maneiras práticas**. 1º ed. Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

HAMMAR, M. **ISO 14001 Base de Conhecimento: PDCA na norma ISO 14001**. Disponível em: https://advisera.com/14001academy/pt-br/knowledgebase/pdca-na-norma-iso-14001/civ il_03/leis/L10165.htm. Acesso em: 03 abr. 2017.

HESPAHOL, I. **Água da Indústria, uso racional e reuso**. Oficina de Texto. São Paulo, 2005.

HUTCHINS, D. **Just In Time**. São Paulo: Atlas, 1993.

JÚNIOR, R. C. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura**. 6. ed. São Paulo: LTC, 2013.

LIMA, L. B.; GOMES, L. D.; FRANCO, E. A. P.; CARVALHO, L. A.; PROSPERO, K. A. **A influência dos selos ambientais nos processos de compras em Teresina-PI**. Salvador, BA, 2013.

MARREIROS, D. **Administração e Sistemas da Qualidade: Just In Case**. 2012.

Disponível em: <http://professoradanimarreiros.blogspot.com.br/2012/05/just-in-case-jic.html>. Acesso em: 05 fev. 2017.

MARTINS, Gilberto et al. **Competitividade no Complexo Agroindustrial do Frango**. 2004. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/2/331.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2016.

PAULA, H. M. **Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia: Avaliação da qualidade da água em função do tempo de detenção no reservatório**. 215 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2005. Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (norma de qualidade da água para consumo humano) de 25 de março de 2004.

REIS, R. P. A. **Sistemas prediais de água pluviais (SPAP)**. Professor da escola de engenharia civil – UFG. Goiânia, 2007.

ROGGIA, M. N. **Estruturação de uma metodologia para projeto de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Passo Fundo, 2007.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS. **Produtos**. Disponível em: <http://www.schneider.ind.br/produtos/#produtos/>. Acesso em: 18 mai. 2017.

SILVA, E. F. **Sustentabilidade social: por que ela deve fazer parte da sua empresa?**. 2014. Disponível em: <http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/sustentabilidade-social-por-que-ela-deve-fazer-parte-da-sua-empresa>. Acesso em: 05 fev. 2017.

SOLEDADE, M. G. M.; FILHO, L. A. F. K. N.; SANTOS, J. N.; SILVA, M. A. M. A. **ISO 14000 e a Gestão Ambiental: uma Reflexão das Práticas Ambientais Corporativas**. Curitiba, 2007. Disponível em: http://www.academia.edu/2452181/ISO_14000_ea_Gest%C3%A3o_Ambiental_uma_reflex%C3%A3o_das_praticas_ambientais_corporativas. Acesso em: 04 abr. 2017.

TOMAZ, P. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. São Paulo: Navegar Editora, 2002.

VALLE, C. Eyer. **Qualidade Ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. São Paulo: Pioneira, 1995.

VILELA, F.; DEMAJOROVIC, J. **Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. Editora Senac, São Paulo, 2006.

WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas de qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoli, 1995. V. 1, p. 108.