Thiago Carvalho Costa

Análise preliminar quanto à viabilidade técnico-econômica da instalação do Carneiro Hidráulico nas propriedades rurais do município de Itabaiana

São Cristóvão – SE

2017

Thiago Carvalho Costa

Análise preliminar quanto à viabilidade técnico-econômica da instalação do Carneiro Hidráulico nas propriedades rurais do município de Itabaiana

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Sergipe (UFS), para encerramento do componente curricular e conclusão da graduação em Engenharia Civil.

Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET)

Departamento de Engenharia Civil (DEC)

Orientadora Profa. Dra. Denise Conceição de Góis Santos Michelan

São Cristóvão – SE

2017

Thiago Carvalho Costa.

Análise preliminar quanto à viabilidade técnico-econômica da instalação do Carneiro Hidráulico nas propriedades rurais do município de Itabaiana/ Thiago Carvalho Costa, São Cristóvão – SE, 2017. 99 p. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE.

I. Universidade Federal de Sergipe. II. Título.

Thiago Carvalho Costa

Análise preliminar quanto à viabilidade técnico-econômica de instalação do Carneiro Hidráulico nas propriedades rurais do município de Itabaiana

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Sergipe (UFS), para encerramento do componente curricular e conclusão da graduação em Engenharia Civil.

Aprovada em: 25 de abril de 2017

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Denise C. de G. S. Michelan – Universidade Federal de Sergipe (Orientador)	10,0 Nota
Prof. Dr. Alcigeimes Batista Celeste – Universidade Federal de Sergipe (Examinador 1)	10,0 Nota
Prof. Dr. Ludmilson Abritta Mendes – Universidade Federal de Sergipe (Examinador 2)	10,0 Nota

São Cristóvão – SE

2017

Este trabalho é dedicado a meus avós, Francisco, Bernadete (in memoriam) e Graça (in memoriam), a minha bisavó Maria (in memoriam) e a meus pais, José Costa e Madileide.

Agradecimentos

A meus pais, José Costa e Madileide, por todo o amor, dedicação e orientação dada ao longo dos anos.

A meus irmãos, Júnior e Lucas, por todo o apoio e compreensão.

A meu avô, Francisco, pela inspiração quanto ao tema do trabalho e pela ajuda no decorrer das pesquisas de campo.

A minhas avós Bernadete e Graça (in memoriam), e a minha bisavó Maria (in memoriam), minha querida Voinha, por todo o aprendizado transmitido. Nunca as esquecerei!

À minha sobrinha Laisa.

A todos os meus primos, tios e demais familiares. Em especial a Valéria, Ricardo, Lourdes, Arnaldo, Henrique, Gustavo, Nena, Edivaldo, Júnior, Larissa, Lorena, Stéfani, Alice, Gleice, Jedilson, Jacquiciene, Linete, Dona Nita e a Bob (não menos importante).

À Denise, por toda a orientação e paciência durante esse processo. Foi uma honra tê-la como professora e orientadora em um momento tão especial da UFS.

A todos os amigos do Colégio Dom Bosco, especialmente a Thaislane, Nayane, Dayane, Isadora, Gláucia, Juliana, Rauany, Erickson e Gabi.

A todos os amigos que a UFS me proporcionou e cujas presenças tornaram essa jornada mais agradável. Da Engenharia Elétrica: Samira, Thieres, Juliana e Lorena. Da Engenharia Civil: Najara, Ismael, Francielle, Gardênia, Thayane, Luan, Paulinha, Mariana, Gabriel, Larine, Fabiane, Franklin, Felipe, Anderson, Larissa, Jefferson, Kyciane e João Marcos.

A todos os amigos da associação, em especial a Brenno, Jéssica, Marbenya, Vinícius, Carla, Jana, Karol, Stella, Marisa, Alyne, Giva, Igor, Italo, Tiago, Zé, Isabela, Elaine, Alice, Tainá e Nayara.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação.

A todos os agricultores que gentilmente me receberam durante as visitas às suas propriedades.

A Valduilson pela contribuição na coleta de dados.

A Alcigeimes pela ajuda na utilização do Lyx.

A Élcio Pedrão por todo o auxílio durante o processo de desenvolvimento do trabalho.

A todos os outros que, direta ou indiretamente, me ajudaram a concluir essa etapa.

"Nada é permanente, exceto a mudança."

(Heráclito)

Resumo

Aliada aos custos elevados de energia elétrica, a iminente escassez de combustíveis fósseis e os impactos ambientais resultantes do uso de ambas as fontes descritas têm implicado na busca por alternativas renováveis e não poluentes para o bombeamento da água. O carneiro hidráulico, aparelho de baixo custo, funcionamento contínuo e que não requer fonte externa para a elevação de água, apresenta-se como uma alternativa a esse fim. Com o propósito de avaliar o potencial de utilização desse dispositivo nas propriedades rurais do município de Itabaiana, foi aplicado um formulário em 71 sítios e obteve-se como resultado um conjunto de dados que permitiu avaliar técnica e economicamente a implantação desse sistema. Para isso foi considerado o modelo de aríete alternativo desenvolvido pela EPAGRI cuja viabilidade técnica foi observada em 70,4% do total de propriedades visitadas. Ainda, foram considerados quatro cenários possíveis de implantação do sistema e os custos associados a cada um deles. Assim, esse parâmetro variou de R$ 221,49 a R$ 3470,49 em função das instalações necessárias para cada configuração, sendo esses valores utilizados na análise econômica. Nesta, o período de retorno máximo foi inferior a 4 anos e a renda mínima exigível para a exequibilidade de implantação do carneiro seria o próprio custo de cada cenário, enquanto a requerida pelo uso de bombas centrífugas estaria atrelada ao consumo mensal de energia elétrica, fato que tornou o uso do último menos viável em todos os cenários avaliados. Aliada às análises feitas, a receptibilidade dos agricultores e as possibilidades de uso das águas não bombeadas nos sítios visitados ratificaram o potencial de utilização do carneiro hidráulico nas propriedades rurais do município em questão.

Palavras-chaves: Carneiro hidráulico. Itabaiana. Bombeamento de água.

COSTA, Thiago Carvalho. **Análise preliminar quanto à viabilidade técnico-econômica da instalação do carneiro hidráulico nas propriedades rurais do município de Itabaiana.** São Cristóvão: UFS, 2017 (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil).

Abstract

In addition to the high costs of electric power, the imminent shortage of fossil fuels and the environmental impacts resulting from the use of both sources have implicated in the search for renewable and non-polluting alternatives to water pumping. The hydraulic ram, a low-cost, continuous operation machine that requires no external source for lifting water, is an alternative to this. In order to evaluate the potential use of this device in the rural properties of the municipality of Itabaiana, a form was applied in 71 small farms and a set of data was obtained as a result of which the technical and economical evaluation of this system could be analyzed. For this, it was recommended the alternative hydraulic ram model developed by EPAGRI whose technical feasibility was observed in 70.4% of the total properties visited. In addition, four possible scenarios for the implementation of the system and the costs associated with each one were considered. Thus, this parameter ranged from R$ 221.49 to R$ 3470.49 depending on the facilities required for each configuration, and these values were used in the economic analysis. In this case, the maximum payback period was less than 4 years and the minimum rent required for the implantation of the hydraulic ram would be the cost of each scenario, while the one required for the use of centrifugal pumps would be tied to the monthly consumption of electric energy, which made the use of the latter less viable in all scenarios evaluated. In addition to the analyzes made, the receptivity of the farmers and the possibilities of using the unpumped water in the small farms ratified the potential of the use of the hydraulic ram in the rural properties of the municipality in question.

Keywords: Hydraulic ram. Itabaiana. Water pumping.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Carneiro hidráulico desenvolvido por *Whitehurst*. 20
Figura 2 – Carneiro hidráulico desenvolvido por *Montgolfier*. 21
Figura 3 – Carneiro hidráulico aperfeiçoado por *Montgolfier*. 21
Figura 4 – Carneiros hidráulicos atuais. 22
Figura 5 – Aríete em ação. 23
Figura 6 – Esquema de instalação do carneiro hidráulico. 24
Figura 7 – Componentes do carneiro hidráulico. 25
Figura 8 – Fase 1. 26
Figura 9 – Fase 2. 27
Figura 10 – Fase 3. 27
Figura 11 – Fase 4. 28
Figura 12 – Associação de carneiros hidráulicos. 33
Figura 13 – Carneiros hidráulicos alternativos. 34
Figura 14 – Material necessário à montagem do carneiro hidráulico. 36
Figura 15 – Adaptação da válvula de sucção. 37
Figura 16 – Preparo das peças do carneiro. 38
Figura 17 – Montagem do aríete hidráulico. 38
Figura 18 – Procedimentos de instalação do aparelho. 39
Figura 19 – Localização de Itabaiana no estado de Sergipe. 40
Figura 20 – Perfil topográfico do domo de Itabaiana. 41
Figura 21 – Açude da Macela em Itabaiana. 42
Figura 22 – Evolução das propriedades com irrigação. 44
Figura 23 – Monitor de secas do Nordeste – Dezembro de 2016. 45
Figura 24 – Localização dos bairros e povoados escolhidos. 47
Figura 25 – Medição do desnível em propriedade visitada. 52
Figura 26 – Piquete e trena indicando distância medida. 52
Figura 27 – Cenários A e B (reservatório existente ou a ser instalado). 56
Figura 28 – Cenário C. 56
Figura 29 – Cenário D. 57
Figura 30 – Fluxos de caixa. 58
Figura 31 – Modelo de reservatório elevado adotado. 64
Figura 32 – Localização (bairro ou povoado) das propriedades visitadas. 66
Figura 33 – Valores de altura de queda para cada propriedade analisada. 67
Figura 34 – Diferença de cota entre a fonte e o local de instalação do carneiro hidráulico. 68
Figura 35 – Comprimento horizontal entre a fonte e o local de instalação do aríete hidráulico. 68

Figura 36 – Comprimento aproximado da tubulação de alimentação. 69
Figura 37 – Qualidade da água nas fontes. 70
Figura 38 – Viabilidade técnica quanto à utilização do Carneiro Hidráulico. 71
Figura 39 – Viabilidade técnica por bairro ou povoado. 71
Figura 40 – Custo mensal da energia elétrica relativo à bomba utilizada na propriedade. . 72
Figura 41 – Aceitação dos proprietários quanto ao uso do aparelho. 73
Figura 42 – Possibilidades de uso das águas não bombeadas para plantações já existentes. 74
Figura 43 – Possibilidades de uso das águas não bombeadas para dessedentação dos animais. 75
Figura 44 – Direcionamento das águas não bombeadas para outras fontes de água. . . . 76
Figura 45 – Custo de implantação do carneiro por cenário. 78
Figura 46 – Frequência do período de retorno pra cada mês válido. 79
Figura 47 – Períodos de retorno para propriedades do grupo 1. 80
Figura 48 – Receitas médias para cada cenário em que haveria uso do Carneiro. 82
Figura 49 – Receitas médias por intervalo quando do uso de bomba centrífuga. 82

Lista de tabelas

Tabela 1 – Rendimento energético do carneiro hidráulico em função da relação h/H. . 29
Tabela 2 – Tamanhos e parâmetros dos carneiros fornecidos pela Marumby®. 29
Tabela 3 – Tamanhos e parâmetros dos carneiros fornecidos pela Cataventos Kenya®. 30
Tabela 4 – Tamanhos e parâmetros dos carneiros fornecidos pela EPAGRI. 30
Tabela 5 – Área colhida e produção das principais culturas do município de Itabaiana. 43
Tabela 6 – Evolução das propriedades e seu uso. 44
Tabela 7 – Preços do carneiro fabricado pela Marumby® (março de 2017). 59
Tabela 8 – Preços do carneiro disponibilizados pela EPAGRI (março de 2017). 59
Tabela 9 – Itens e custos relativos à montagem de um carneiro hidráulico (março de 2017). 61
Tabela 10 – Reservatórios elevados e seus preços (março de 2017). 63
Tabela 11 – Período de retorno em meses. 79
Tabela 12 – Receitas mínimas anuais (R$) para exequibilidade de implantação do carneiro. 81

Lista de abreviaturas e siglas

ANA	Agência Nacional de Águas.
CERPCH	Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas.
COHIDRO	Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe.
DEHIDRO	Departamento Estadual de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe.
DER/SE	Departamento Estadual de Infraestrutura Rodoviária de Sergipe.
EPAGRI	Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de Santa Catarina.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
PET	Polietileno Tereftálico.
PMI	Prefeitura Municipal de Itabaiana.
PVC	Policloreto de vinila.
SEMARH	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos.

Sumário

1 INTRODUÇÃO 17
1.1 Considerações Iniciais 17
1.2 Objetivos 18
1.2.1 Objetivo Geral 18
1.2.2 Objetivos Específicos 18

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 20
2.1 Carneiro Hidráulico 20
2.1.1 Evolução histórica 20
2.1.2 Constituição 23
2.1.3 Princípio de funcionamento 25
2.1.3.1 O golpe de aríete 25
2.1.3.2 Fases de funcionamento 26
2.1.4 Rendimento 28
2.1.5 Capacidade 29
2.1.6 Instalação e recomendações 30
2.1.6.1 Requisitos básicos 30
2.1.6.2 Reservatório de alimentação 30
2.1.6.3 Tubulação de alimentação 31
2.1.6.4 Altura de queda 32
2.1.6.5 Tubulação de recalque 32
2.1.6.6 Associação de carneiros 33
2.1.7 Carneiros hidráulicos alternativos 33
2.1.7.1 Carneiro desenvolvido pela EPAGRI 34
2.2 Itabaiana 40
2.2.1 Aspectos gerais 40
2.2.2 Aspectos naturais 41
2.2.3 Aspectos agrícolas 43
2.2.4 A crise hídrica em Sergipe e Itabaiana 45

3 METODOLOGIA 46
3.1 Delimitação da área de estudo 46
3.2 Método de Pesquisa 47
3.2.1 Amostragem 48
3.2.2 Formulário 49
3.2.2.1 Parte I - Análise Técnica 49

3.2.2.2 Parte II - Entrevista ao proprietário 50
3.2.3 Equipamentos utilizados 51
3.3 Coleta de dados 51
3.4 Tabulação dos dados 54
3.5 Análise Econômica 54
3.5.1 Cenários possíveis 55
3.5.1.1 Cenário A 55
3.5.1.2 Cenário B 55
3.5.1.3 Cenário C 56
3.5.1.4 Cenário D 56
3.5.2 Ferramentas de análise 57
3.5.2.1 Grupo 1 57
3.5.2.2 Grupo 2 58

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 59
4.1 Especificações do projeto 59
4.1.1 Carneiro Hidráulico 59
4.1.2 Reservatório elevado 62
4.1.3 Fundação 64
4.1.4 Tubulação 65
4.2 Apresentação dos dados dos formulários 66
4.3 Possibilidades de uso para a água não bombeada 73
4.4 Análise econômica 77
4.4.1 Custos de instalação do sistema 77
4.4.2 Período de retorno 78
4.4.3 Receita mínima anual 80
4.5 Carneiro Hidráulico: Tecnologia Social e divulgação 83

Conclusão 85

REFERÊNCIAS 88

APÊNDICES 92

APÊNDICE A – MODELO DE FORMULÁRIO 93

APÊNDICE B – DADOS TABULADOS 94

APÊNDICE C – CUSTOS POR CENÁRIO 96

ANEXOS 97

ANEXO A – PANFLETO 98

ANEXO B – POÇO DE FUNDAÇÃO EM CONCRETO CICLÓPICO 99

1 Introdução

1.1 Considerações Iniciais

Apesar da grande disponibilidade hídrica existente no Brasil, essa não se encontra igualmente distribuída em seu território, assim como as demandas pela água também repartidas de acordo com a disponibilidade e, principalmente, em função de aspectos físicos, econômicos, políticos e sociais. Dessa forma, a agricultura irrigada representa o principal (em quantidade) e mais dinâmico setor usuário de recursos hídricos, sendo o perfil brasileiro de uso da água semelhante à média global, ou seja, cerca de 70% destinados para a irrigação (ANA, 2016).

Segundo o Censo Agropecuário realizado no ano de 2006 pelo IBGE, aproximadamente 84,4% dos estabelecimentos agropecuários do país são de agricultura familiar. Mesmo diante da sua importância para o abastecimento do mercado interno brasileiro e do emprego de maior parte da mão de obra do setor, a discrepância dos recursos destinados aos grandes latifundiários e aos pequenos agricultores é imensa. Dos R$ 101 bilhões de crédito estabelecidos no Plano Agrícola e Pecuário 2016/2017 a serem disponibilizados pelo Banco do Brasil, R$ 61,6 bilhões seriam destinados à agricultura empresarial, enquanto o crédito disponível para os agricultores familiares seria de R$ 14,6 bilhões (ALEGRETTI, 2016).

Além do suporte insuficiente do Governo Federal, outro fator que tem dificultado o desenvolvimento das atividades agrícolas por parte dos pequenos agricultores diz respeito aos sucessivos aumentos do preço da energia elétrica, bem requerido para o funcionamento dos sistemas de bombeamento de água. Isso decorre, principalmente, da dependência do setor elétrico nacional em relação à energia hidrelétrica, sendo intensificado o uso de fontes mais caras, especialmente a termelétrica, quando da ocorrência de longos períodos de estiagem, a fim de suprir as demandas energéticas existentes (JUNGES, 2014).

Ainda, por estarem localizadas em áreas de difícil acesso, muitas propriedades têm o acesso à energia elétrica limitado. Apesar do marco representado pela criação do programa Luz para Todos em 2003 e sua meta ambiciosa de extinguir a exclusão elétrica no país, 595.435 domicílios na área rural não têm acesso à luz elétrica segundo dados do último Censo, isto é, esse serviço apresenta uma cobertura de 89,7% no meio rural frente à presença de 99,1% no meio urbano (IBGE, 2010).

Diante desse quadro, apesar das condições climáticas favoráveis e de possuir a terceira maior área irrigável do mundo, atrás apenas da Índia e China, o Brasil não aproveita esse potencial e encontra-se na nona posição quanto às maiores áreas irrigadas no mundo. Assim, enquanto a área irrigada no país situa-se atualmente na casa de 6 milhões de hectares, aquela ultrapassa 60 milhões de hectares irrigados na China e Índia (DOMINGUES, 2013).

Devido aos elevados custos relativos à energia elétrica, além de recorrentes problemas de sua falta, e a ameaça de escassez de recursos não renováveis (petróleo, carvão e gás natural), associados à degradação ambiental resultante de sua produção e consumo, tem-se buscado formas alternativas de gerar energia renovável e não poluente (ABATE; BOTREL, 2002).

Em função do cenário descrito, o uso do carneiro hidráulico apresenta-se como uma opção de bombeamento eficaz e que permite minimizar a falta ou escassez tanto de energia elétrica quanto de recursos para a obtenção de equipamentos modernos (VIEIRA, 2015).

Aparelho destinado a elevar a água movida pela própria energia hidráulica, o carneiro hidráulico funciona como bomba e motor ao mesmo tempo, trabalhando continuamente e dispensando manutenção. Em contrapartida, caracteriza-se por apresentar baixo rendimento e são necessárias condições topográficas que limitam sua implantação, isto é, deve haver no terreno uma altura de queda abaixo da fonte de suprimento (DACACH, 1981).

Visando dar subsídio à utilização do carneiro hidráulico nas propriedades rurais do município de Itabaiana, realizou-se no presente estudo uma análise técnica, quanto aos fatores limitantes da implantação desse sistema, assim como se avaliou economicamente a exequibilidade dessa instalação, isto é, considerou-se o equipamento como força transformadora do cenário socioeconômico rural itabaianense.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é avaliar a exequibilidade de implantação do carneiro hidráulico nas comunidades rurais do município de Itabaiana.

Para tanto, serão seguidos os seguintes objetivos específicos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apontar cenários possíveis de implantação do sistema em estudo;
- Definir o modelo de carneiro hidráulico cujo uso será recomendado e orçar o custo das peças e serviços requeridos para a montagem do equipamento em Itabaiana;
- Especificar as instalações complementares do sistema (reservatório elevado, fundação e tubulação) e respectivos custos;
- Elaborar formulário cujos parâmetros forneçam informações necessárias ao desenvolvimento do trabalho;
- Analisar aceitabilidade dos agricultores quanto à utilização do equipamento;

- Examinar a viabilidade econômica quanto à utilização do carneiro em comparação a bombas centrífugas para cada um dos cenários considerados;
- Evidenciar possibilidades de uso da água desperdiçada a partir de opções vislumbradas nas visitas de campo;
- Divulgar o dispositivo aos agentes públicos e proprietários rurais da área de estudo.

2 Revisão Bibliográfica

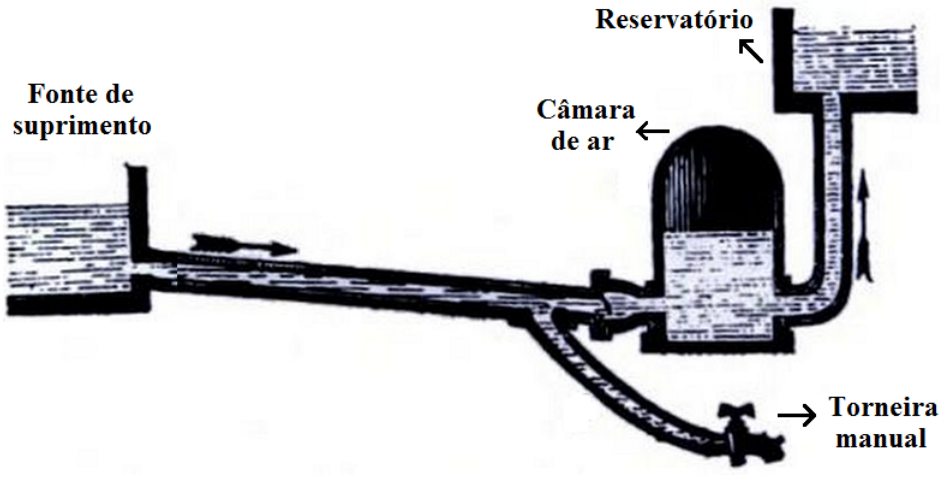
2.1 Carneiro Hidráulico

2.1.1 Evolução histórica

O carneiro hidráulico, também denominado aríete hidráulico, pode ser descrito como uma bomba especial que permite elevar parcela da água que nele penetra a alturas maiores que as quedas d'água disponíveis na captação, mecanismo decorrente do golpe de aríete e que independe do auxílio de qualquer motor externo (MACINTYRE, 1997). Esse processo tem na própria energia hidráulica sua fonte propulsora, sendo necessário que a parcela da água não bombeada transfira sua energia para a que será recalcada, atividade que resulta na elevação de seu estado de energia (GOMES FILHO, 2013).

De acordo com Reynolds (1983), o primeiro dispositivo cujo funcionamento se assemelhava ao descrito foi desenvolvido em 1775 pelo inglês *John Whitehurst* (Figura 1), sendo utilizada uma torneira de passagem manual a fim de interromper o fluxo de água e originar o transiente hidráulico. Ainda segundo o autor, essa primeira tentativa não foi bem sucedida em função da inexistência de um mecanismo automático para o aparelho e por conta do barulho e vibrações, que o tornou inapropriado ao abastecimento de água doméstico.

Figura 1 – Carneiro hidráulico desenvolvido por *Whitehurst*.

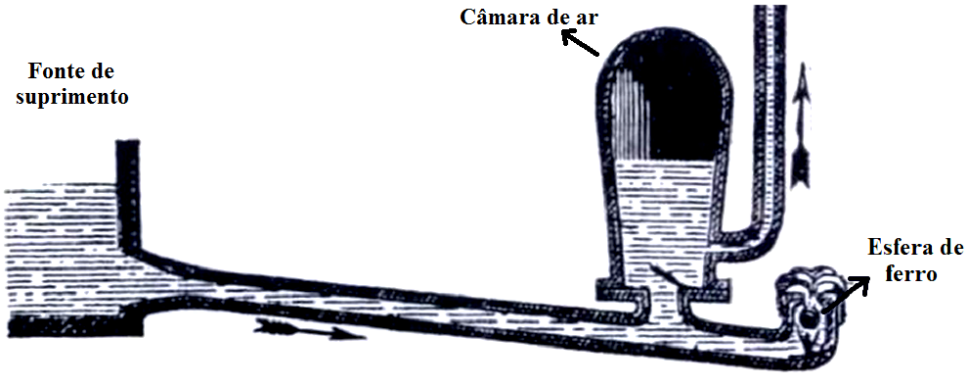


Fonte: Adaptado de Reynolds (1983).

Comumente reconhecido como desenvolvedor do carneiro hidráulico, o francês *Joseph-Michel Montgolfier* reinventou o aparelho, em 1797, ao utilizar uma válvula automática e uma esfera de ferro ao longo da tubulação de entrada conforme a Figura 2 (REYNOLDS, 1983). Segundo Rojas (2002), o fluxo de água move a esfera até a saída, esta fica bloqueada e gera um

aumento de pressão na água ao longo da tubulação. Decorrente disso, a válvula é aberta em um único sentido e parte da água adentra a câmara de ar. Na sequência, há a redução da pressão e a esfera de ferro volta a sua posição original, reiniciando o ciclo.

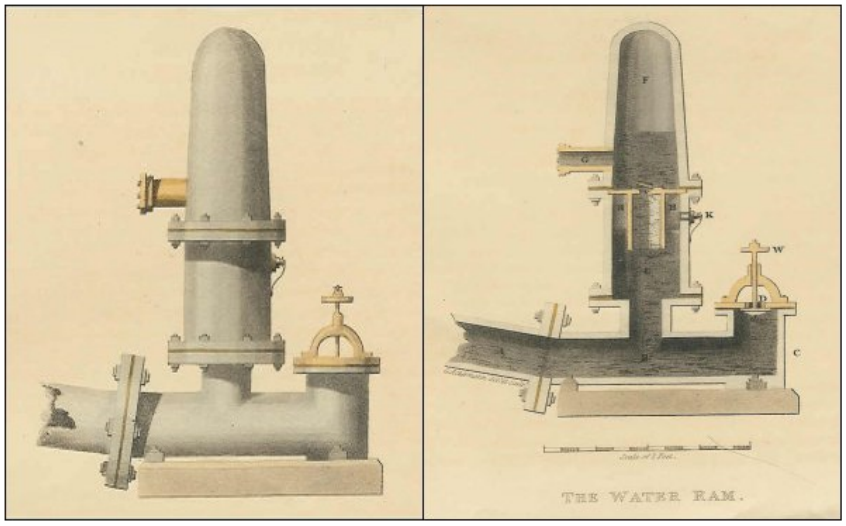
Figura 2 – Carneiro hidráulico desenvolvido por *Montgolfier*.



Fonte: Adaptado de Reynolds (1983).

Apesar do avanço representado pela automação do sistema, o modelo desenvolvido por *Montgolfier* apresentava como defeito o fato do ar presente na câmara acabar sendo dissolvido durante o processo. Assim, o inventor francês aperfeiçoou o precursor do carneiro hidráulico por meio da substituição da esfera de ferro por uma válvula (Figura 3), medida que permitiu a introdução de ar de compensação na câmara e tornou o funcionamento do mesmo mais eficiente. Por conta disso, essa é a configuração utilizada até hoje (MOTA, 2014).

Figura 3 – Carneiro hidráulico aperfeiçoado por *Montgolfier*.



Fonte: Ackermann's Repository (1821)

O uso do carneiro hidráulico foi muito difundido quando da sua invenção por conta das suas características de geratriz e de operatriz, isto é, uma máquina mista funcionando por lon-

gos períodos de tempo sem a necessidade de um operador ou fonte de energia externa (DARDOT, 2012). Após o seu aperfeiçoamento, o aríete hidráulico foi o principal elevador de água para casas, fazendas, indústrias, ferrovias e cidades. Seu uso contribuiu não apenas para uma melhoria da produção agrícola e para o surgimento de extensas paisagens de jardinagem, mas também para a promoção da saúde e saneamento naqueles locais (Blake, 1939 apud Mota, 2014).

Apesar do uso disseminado do aparelho quando de sua invenção, o surgimento do motor de combustão interna, o uso da eletricidade e das primeiras bombas mecânicas aliado ao reduzido preço da energia fóssil conduziram ao abandono dos carneiros hidráulicos e ao desinteresse pela sua melhoria no início do século XX (MOTA, 2014).

Atualmente, em função das elevadas tarifas de energia, crescente escassez de combustíveis fósseis (além de seu alto preço) e preocupação ambiental, têm-se buscado alternativas de bombeamento baratas e com custos de operação reduzidos (MOTA, 2014), razão pela qual o carneiro hidráulico apresenta-se como potencial concorrente aos sistemas tradicionalmente utilizados.

Assim, mantendo-se o princípio de funcionamento dos precursores do carneiro hidráulico, dispõe-se atualmente de aparelhos industriais (Figura 4a) e alternativos (Figura 4b), sendo os últimos desenvolvidos com o intuito de reduzir os custos de aquisição e disseminar a utilização do equipamento.

Figura 4 – Carneiros hidráulicos atuais.

(a) Modelo industrial vendido pela Marumby®.

Fonte: Marumby (2017a).

(b) Modelo alternativo desenvolvido pela EPAGRI.

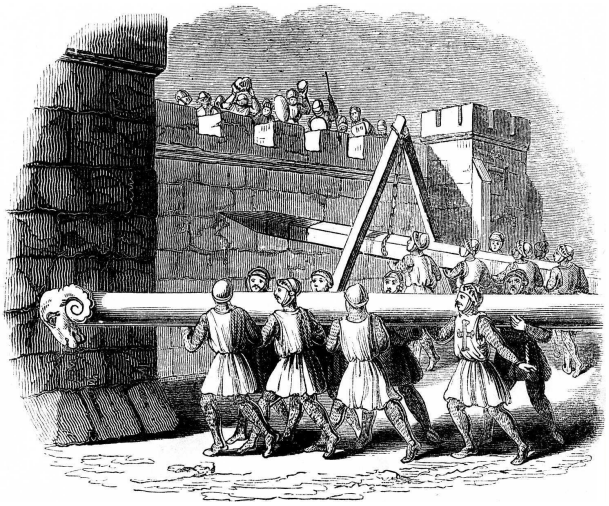
Fonte: Pedrão (2014).

Segundo Lavoura (2008), a origem do nome do aparelho não é bem conhecida, sendo denominado carneiro tanto em inglês quanto em francês. Uma das explicações possíveis é a

associação realizada entre o batimento constante do êmbolo do equipamento hidráulico e as frequentes cabeçadas praticadas pelos animais contra os rivais nas disputas por território. Ainda segundo o autor, a mesma palavra utilizada para designar o macho da ovelha em inglês (ram) possui o significado de bater ou golpear.

Lavoura (2008) acrescenta que a denominação aríete hidráulico é proveniente do fenômeno físico que provoca o funcionamento do equipamento: o golpe de aríete, sendo o último termo o nome de uma arma de guerra utilizada na Idade Média para derrubar portões e muralhas de castelos, constituídas geralmente em madeira e com uma ponta de metal em forma de uma cabeça de carneiro (Figura 5).

Figura 5 – Aríete em ação.



Fonte: Knight (1845).

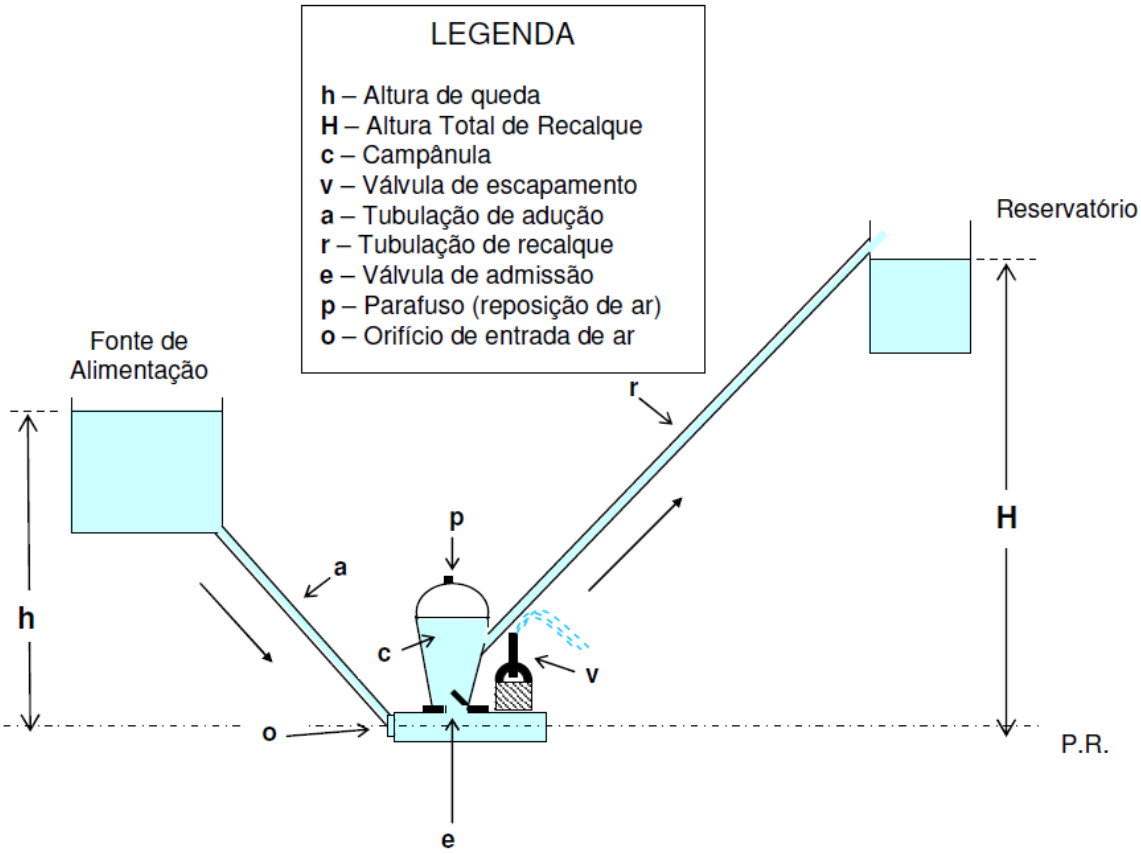
2.1.2 Constituição

De acordo com Pereira e Mello (2000), uma instalação de bombeamento na qual se utiliza o carneiro hidráulico (Figura 6) é constituída basicamente de:

- **Fonte ou manancial d'água**, que pode ser um córrego, canal ou fonte, desde que exista uma queda aproveitável entre aquela e o local de assentamento do carneiro. Ferreira (2016) recomenda a construção de uma pequena represa ou reservatório para as nascentes cujos níveis de água variam ao longo do ano, evitando, assim, a entrada de ar pelo tubo de alimentação e normalizando a vazão fornecida pela fonte;
- **Tubulação de adução ou alimentação**, a qual cumpre a função de transportar a água da fonte à entrada do carneiro. Ainda segundo Gomes Filho (2013), esse tubo tem comprimento limitado e se prolonga da entrada do aparelho à válvula de escapamento;
- **Carneiro Hidráulico**;

- **Tubulação de recalque ou de saída**, que conduz a água bombeada pelo carneiro até o reservatório superior ou ponto de elevação;
- **Reservatório ou caixa** na qual será armazenada a água conduzida pela tubulação de recalque.

Figura 6 – Esquema de instalação do carneiro hidráulico.



Fonte: Pereira e Mello (2000).

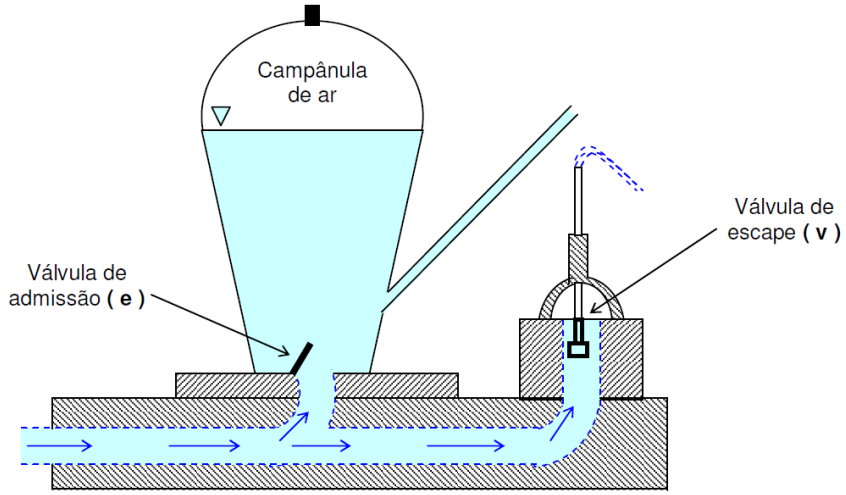
Segundo Gomes Filho (2013), os componentes do carneiro hidráulico são basicamente (Figura 7):

- **Válvula de escape ou de escapamento**, peça localizada na extremidade do prolongamento do tubo de alimentação na qual surgem os golpes de aríete e por onde a água não bombeada é descarregada. Naturalmente fechada, essa válvula se abre a intervalos regulares quando do funcionamento do carneiro, atividade da qual resulta o som característico relativo à sua operação;
- **Válvula de admissão ou de recalque**, componente localizado na entrada da câmara de ar, cuja função é controlar a passagem unidirecional da água do tubo de alimentação para a campânula;

- **Campânula ou câmara de ar**, peça ovoide que recebe a água que penetra pela válvula de recalque, a cada golpe de aríete e pela descompressão do ar, impulsionando-a para a tubulação de recalque.

Dardot (2012) acrescenta que, para a regulagem da quantidade de ar dentro da câmara, alguns modelos apresentam em sua parte superior um pequeno orifício (Figura 7), que permite a reposição do ar após longos períodos de funcionamento do aparelho, ou seja, permite-se a retirada do excesso de água em seu interior.

Figura 7 – Componentes do carneiro hidráulico.



Fonte: Pereira e Mello (2000).

2.1.3 Princípio de funcionamento

2.1.3.1 O golpe de aríete

Segundo Gomes Filho (2013), o funcionamento do carneiro se fundamenta em um fenômeno denominado golpe de aríete. Este pode ser entendido como a variação de pressão nas tubulações quando as condições de escoamento são alteradas pela variação de descarga, modificação na velocidade de escoamento da água resultante do fechamento de uma válvula ou do desligamento da energia que alimenta o motor de uma bomba, por exemplo (MACINTYRE, 1997).

Netto e Fernández (2015) complementam que essa variação súbita de pressão pode ocorrer tanto em sistemas bombeados quanto em sistemas por gravidade, sendo utilizados os termos transiente ou transitário hidráulico como sinônimos para descrever a sua ocorrência. Tal denominação é decorrente do fenômeno ondulatório que percorre a tubulação em uma velocidade que é função do módulo de elasticidade da água e do material da canalização. Ainda segundo Heller e Pádua (2010), o carneiro hidráulico é, muito provavelmente, a única aplicação positiva do golpe de aríete, pois seu funcionamento depende da ocorrência desses transientes hidráulicos.

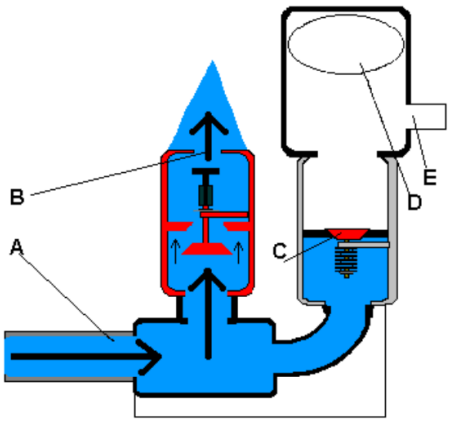
2.1.3.2 Fases de funcionamento

De acordo com Calhoun (2003), o ciclo de operação do carneiro hidráulico abrange 4 fases distintas:

Fase 1

Na primeira etapa (Figura 8), a água proveniente da fonte desloca-se na tubulação de alimentação (A) por ação da gravidade em direção ao aparelho e, após preenchê-lo, sai através da válvula de escape (B). A válvula de retenção (C) permanece na sua posição normalmente fechada e, nessa fase inicial, não há pressão na câmara de ar (D) e não há elevação da água através do tubo de recalque (E).

Figura 8 – Fase 1.



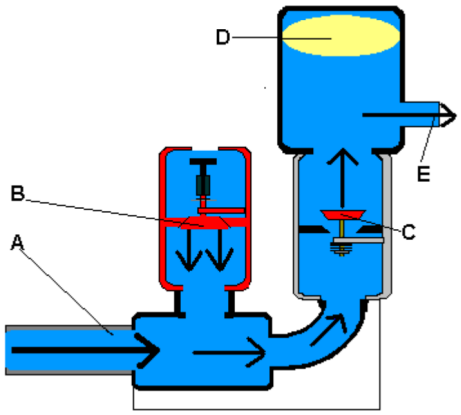
Fonte: Calhoun (2003).

Fase 2

Em função do desnível existente entre a fonte e o carneiro, há na segunda fase (Figura 9) o aumento progressivo da velocidade desta coluna de água (A) até ser atingido determinado valor de pressão capaz de fechar a válvula de escape (B). A partir desse ponto, o empuxo sobre a base da válvula supera o seu peso e interrompe bruscamente o movimento dessa coluna líquida, provocando um golpe de aríete.

Segundo Mota (2014), quando a pressão gerada por esse transiente for superior à pressão na câmara de ar (D), a válvula de recalque (C) é aberta e a água começa a fluir para a campânula, comprimindo o ar existente. Ainda, quando a pressão interna da câmara de ar for superior à pressão da coluna de água até ao reservatório superior, a água flui para a tubulação de recalque (E). À medida que o ar contido no interior da campânula é comprimido, esse oferece resistência à entrada de água até que a pressão em seu interior seja superior àquela no corpo do carneiro e provoque o fechamento desta válvula (Fase 3).

Figura 9 – Fase 2.

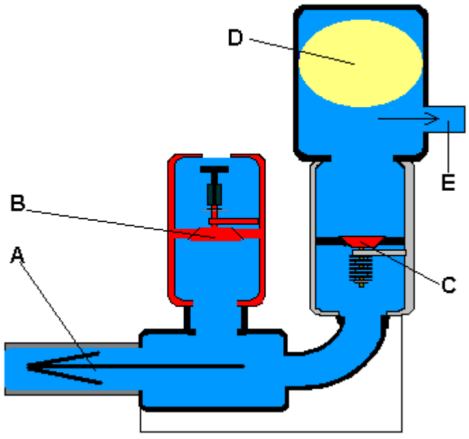


Fonte: Calhoun (2003).

Fase 3

Em decorrência da onda de pressão gerada pelo golpe de aríete, nessa etapa (Figura 10), a água deixa de fluir da fonte para o carneiro e, em vez disso, passa a circular no sentido oposto (A). Esse retorno da água no tubo de alimentação produz um ligeiro efeito de sucção no corpo do aparelho e, em conjunto com a pressão aumentada no interior da câmara de ar (D), resulta no fechamento da válvula de recalque (C) e na posterior abertura da válvula de escape (B). Nesse ponto, o volume de ar na campânula continua a se expandir (D) e a água contida na câmara, como não pode retornar ao corpo do carneiro, só tem como saída a tubulação de recalque (E).

Figura 10 – Fase 3.



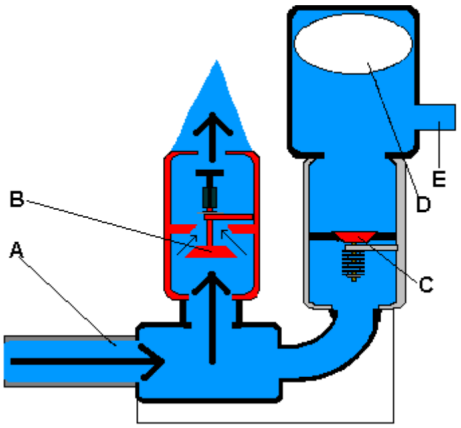
Fonte: Calhoun (2003).

Fase 4

Finalizado o retorno da água em direção à fonte, na última fase do ciclo (Figura 11) o líquido começa a fluir novamente na tubulação de alimentação em direção ao aparelho (A) e a ser des-

carregado através da válvula de escape (B). Ao mesmo tempo, a válvula de recalque (C) permanece fechada e há a estabilização do volume de ar na câmara (D) fazendo com que a água pare de fluir pela tubulação de recalque (E). A partir deste ponto, o ciclo recomeça automaticamente.

Figura 11 – Fase 4.



Fonte: Calhoun (2003).

Mota (2014) sublinha que este ciclo de bombeamento acontece com uma periodicidade que depende dos parâmetros do carneiro e reforça que apenas pequena quantidade da água admitida pelo aparelho é bombeada, um dos principais aspectos limitantes quanto à sua aplicação e que caracterizará o rendimento do mesmo.

2.1.4 Rendimento

Segundo Mota (2014), durante o funcionamento do carneiro hidráulico, podem ser considerados dois tipos de rendimentos: o energético e o volumétrico. Enquanto o último corresponde à relação entre a quantidade de água fornecida e a que foi elevada pelo aríete, o primeiro traduz a relação entre a energia potencial que a água possui em seu estado inicial (relativa à altura de queda) e a energia potencial final referente à altura de recalque.

De acordo com Gomes Filho (2013), o rendimento do carneiro é dependente do acabamento, da relação entre a altura de queda (h) e a de elevação (H), além da frequência de golpes com que a válvula de espace trabalha. Dessa forma, quanto mais frequentes os golpes, maiores serão os rendimentos e menor a vazão que será recalcada. Para uma mesma instalação, uma frequência menor implica em um rendimento também reduzido e uma vazão elevada. Assim, a opção por uma das duas condições dependerá principalmente da disponibilidade de água na propriedade, ou seja, quando limitada, a água deve ser aproveitada ao máximo e devem-se buscar maiores rendimentos, mesmo com o menor volume de água recalcado.

O rendimento energético do carneiro hidráulico pode chegar a 80% (Tabela 1), a depender da relação h/H e considerando condições ótimas de instalação e de ajustamento da vál-

vula, enquanto o rendimento volumétrico é consideravelmente inferior quando comparado ao primeiro (DACACH, 1981). Atestando esse fato, a empresa Marumby (2017c) afirma que o rendimento volumétrico máximo para os modelos de carneiro fornecidos pela mesma é de 20%.

Tabela 1 – Rendimento energético do carneiro hidráulico em função da relação h/H.

Relação h/H	Rendimento (%)
1:2	80
1:3	75
1:4	70
1:5	65
1:6	60
1:7	55
1:8	50

Fonte: Dacach (1981).

2.1.5 Capacidade

A capacidade ou tamanho do aríete hidráulico é determinado em função da vazão de alimentação, desconsiderando-se a vazão de recalque fornecida pelo mesmo. Ainda, cada aparelho requer uma vazão mínima e máxima para seu bom funcionamento, sendo utilizados os seguintes parâmetros na seleção do tamanho do carneiro: vazão de alimentação no período mais seco do ano, desnível entre a fonte d'água e o equipamento, além da altura, vazão e comprimento da tubulação relativos ao recalque (MAEDA, 2010).

Existe no mercado uma diversidade de modelos e tamanhos de carneiros hidráulicos, sendo comum para cada um deles diferentes numerações e parâmetros conforme apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4. Definido o tamanho do aparelho, têm-se os correspondentes diâmetros da tubulação de adução e recalque, bem como as vazões médias de recalque. É perceptível que, em função do número e da relação h/H, têm-se diferenças significativas quanto aos valores da vazão elevada por cada modelo de carneiro, sendo que para o aríete fornecido pela Kenya®, as menores vazões de recalque são para a proporção de 1:20 (h/H) e as maiores para a relação 1:3 (KENYA, 2000), razão pela qual há uma diferença tão expressiva entre seus valores (Tabela 3) .

Tabela 2 – Tamanhos e parâmetros dos carneiros fornecidos pela Marumby®.

Nº	Vazão de alimentação (l/min)	Diâmetro do tubo de entrada	Diâmetro do tubo de saída
2	7-11	3/4"	3/8"
3	7-15	1"	1/2"
4	11-26	1.1/4"	1/2"
5	22-45	2"	3/4"
6	70-120	3"	1.1/4"

Fonte: Marumby (2017c).

Tabela 3 – Tamanhos e parâmetros dos carneiros fornecidos pela Cataventos Kenya®.

Nº	Vazão de alimentação (l/min)	Diâmetro do tubo de entrada	Diâmetro do tubo de saída	Vazão de recalque (l/h)
3	12-20	1”	1/2”	15-300
4	20-30	1.1/4”	1/2”	40-420
5	40-65	2”	3/4”	45-950

Fonte: Adaptado de Kenya (2000)

Tabela 4 – Tamanhos e parâmetros dos carneiros fornecidos pela EPAGRI.

Nº	Vazão de alimentação (l/min)	Diâmetro do tubo de entrada	Diâmetro do tubo de saída	Vazão de recalque (l/h)
1	10	1/2”	3/8”	60-100
2	12	3/4”	1/2”	60-120
3	15	1”	1/2”	100-200
4	20	1.1/4”	3/4”	150-250
5	30	1.1/2”	1”	250-400
6	40	2”	1.1/4”	300-500

Fonte: Pedrão (2017).

2.1.6 Instalação e recomendações

2.1.6.1 Requisitos básicos

A instalação do carneiro hidráulico em determinada propriedade está limitada às características do local de instalação, sendo necessário realizar avaliação prévia de todas as variáveis envolvidas na implantação desse sistema. Assim, deve-se estimar o abastecimento diário de acordo com as suas necessidades, bem como determinar a vazão mínima disponível na fonte, em particular no período seco. Além disso, deve-se medir a altura de recalque até o reservatório e o desnível entre a fonte d’água e o carneiro, critério cujo valor deve ser o mais elevado possível dada a sua importância na determinação da eficiência do aparelho (MOTA, 2014).

Com o propósito de se evitar trepidações e a consequente perda de rendimento, o carneiro hidráulico deve ser fixado em uma superfície plana, horizontal e rígida, de tal forma que a estabilidade do conjunto seja garantida no momento do golpe de aríete (DARDOT, 2012).

2.1.6.2 Reservatório de alimentação

Equipamento simples cuja operação independe de energia elétrica e que requer baixo investimento para a sua implantação e manutenção quando comparado a aparelhos convencionais, o carneiro hidráulico representa opção tangível de bombeamento nas propriedades rurais em que se deseja elevar a água de um curso já existente a, normalmente, um reservatório elevado. Dessa forma, frequentemente é necessária a construção de um reservatório artificial pela intercepção

direta da vazão em um curso d'água ou pelo desvio de parte desse volume de água a um reservatório no qual será instalada a tubulação de alimentação do aríete (DARDOT, 2012), sendo o principal objetivo desse acúmulo de água o fornecimento de uma vazão constante ao aríete hidráulico (MAEDA, 2010).

Deve-se evitar a interrupção do sistema decorrente da necessidade de limpeza e manutenção, tendo a qualidade da água na fonte fundamental importância quanto a esse aspecto. Assim, deve-se utilizar água livre de sólidos em suspensão, materiais que podem causar o entupimento e desgaste das válvulas. Para isso, podem ser construídas caixas de areia ou brita a fim de que atuem como meio filtrante, além de utilizar uma tela junto ao crivo na captação à montante da tubulação de adução (DARDOT, 2012).

2.1.6.3 Tubulação de alimentação

A tubulação de adução é considerada, em conjunto com as válvulas, o elemento fixo mais importante do sistema, pois suporta com maior intensidade os efeitos dos golpes de aríete. Em decorrência disto, o tubo deve ser constituído por material de grande rigidez de modo a suprimir a sua deformação e evitar a dissipação de energia provocada pela absorção dos impactos em cada ciclo. Ainda, as paredes internas da tubulação devem possuir baixa rugosidade a fim de minimizar o efeito do atrito quanto à redução da velocidade do fluido. Visando minimizar as perdas de carga, recomenda-se ainda não utilizar curvas (MOTA, 2014).

Segundo Netto e Fernández (2015), o tubo de adução deve ser o mais reto possível e ter um diâmetro superior ao da tubulação de recalque. Ainda de acordo com o autor, deve-se instalar na tomada de água um crivo a pelo menos 30 cm abaixo do nível da água na fonte e a 10 cm acima do seu fundo para evitar a entrada de detritos (areias e folhas) no sistema e minimizar avarias às válvulas. Gomes Filho (2013) complementa que, assim como o recomendado para os condutos que escoam água por gravidade, a tubulação de alimentação deve ter seu traçado de tal forma que passe sempre abaixo da linha de carga efetiva.

Quanto ao material utilizado, há certa divergência entre os autores sobre utilizar tubos de PVC ou aço galvanizado. Mediante estudos realizados por Abate e Botrel (2002), foi comparado o desempenho do carneiro hidráulico quanto à utilização desses duas opções na tubulação de alimentação. Como resultado, verificou-se que o PVC é o material mais adequado desde que o desnível não ultrapasse 4,20 metros, valor a partir do qual o aço galvanizado representa a alternativa mais eficiente. Assim, para os casos em que o golpe de aríete não é tão intenso, o efeito favorável da reduzida rugosidade interna predomina sobre o efeito da maior elasticidade, características do PVC. Quando as pressões oriundas do transiente hidráulico são maiores, tem-se que há predomínio da menor elasticidade de um material comparado à sua baixa rugosidade, conjuntura que favorece a utilização do aço galvanizado.

O comprimento da tubulação de alimentação recebe diferentes recomendações a depender dos autores. Dacach (1981) e Netto e Fernández (2015) afirmam que essa extensão deve

ser, no mínimo, maior ou igual à altura de elevação, ter valor de 5 a 10 vezes a altura de alimentação ou estar no intervalo de 8 a 75 metros. Por outro lado, Macintyre (1997) indica que o comprimento desse tubo pode variar de 3 a 8 vezes o desnível de admissão. Por fim, Mota (2014) complementa que se a tubulação for muito curta, não há tempo suficiente para a abertura e fechamento por completo das válvulas em um mesmo ciclo, resultando em menor quantidade de água bombeada.

Segundo Dacach (1981), havendo a necessidade de ser adotada uma tubulação de alimentação com grande extensão a fim de se obter altura de queda suficiente, contorna-se esse problema com a intercalação de um barril entre a fonte e o aparelho de tal forma que o novo recipiente funcione como fonte de suprimento.

2.1.6.4 Altura de queda

Também denominada altura de alimentação, esse parâmetro corresponde à medida vertical desde o nível médio de água esperado no reservatório de alimentação (há variação desse valor ao longo do ano em função da sazonalidade) ao nível de saída na válvula de escape. Desde que o terreno ofereça as condições necessárias, deve-se buscar o maior valor para essa variável (respeitando os limites recomendados pela literatura), a fim de que se tenha uma elevada capacidade de bombeamento do sistema (MOTA, 2014).

Segundo Abate e Botrel (2002), um dos parâmetros cujos valores mais divergem na literatura e entre os fabricantes diz respeito aos limites máximo e mínimo entre o reservatório de alimentação e o carneiro hidráulico. Segundo Dacach (1981), embora funcione até com 45 centímetros, a altura de queda não deve ser inferior a 60 centímetros. Netto e Fernández (2015), EPAGRI (2015a) e Gomes Filho (2013) recomendam desnível mínimo de 1,0 metro, enquanto Macintyre (1997) limita esse valor a 1,5 metro. Quanto aos limites máximos, a EPAGRI (2015a) e Gomes Filho (2013) fixam esse valor em 6,0 e 9,0 metros, respectivamente (a partir desse desnível haveria um desgaste excessivo da válvula de escape).

2.1.6.5 Tubulação de recalque

Segundo Dardot (2012), existe uma relação entre a altura de alimentação e a de recalque, ou seja, quanto maior o valor da segunda, maior o comprimento da tubulação de elevação e, consequentemente, maiores serão as perdas hidráulicas do fluido por atrito nas paredes das tubulações. Assim, quando se objetiva vencer grandes desníveis de cota e minimizar as perdas por atrito, recomenda-se a utilização de tubos de recalque com diâmetros ligeiramente superiores aos especificados para o equipamento.

Quanto ao material dessa tubulação, Mota (2014) esclarece que o mesmo pode ser flexível, pois o tubo não é afetado pelos golpes de aríete e também facilita a instalação do sistema, atentando à utilização de tubulação com parede interna lisa.

Macintyre (1997) recomenda a utilização de tubo de recalque o mais reto possível, isto é, com o mínimo de curvas e com um diâmetro 1/3 a 1/2 do correspondente à tubulação de alimentação do carneiro. Ainda segundo o autor, o valor dessa altura deve corresponder de 6 a 10 vezes o valor do desnível entre a fonte e o carneiro, enquanto Dacach (1981) afirma que esse parâmetro deve ficar no intervalo de 6 a 12 vezes a altura de queda. Já Netto e Fernández (2015) complementam que essa grandeza costuma ficar entre 4 a 8 vezes o valor da queda aproveitável.

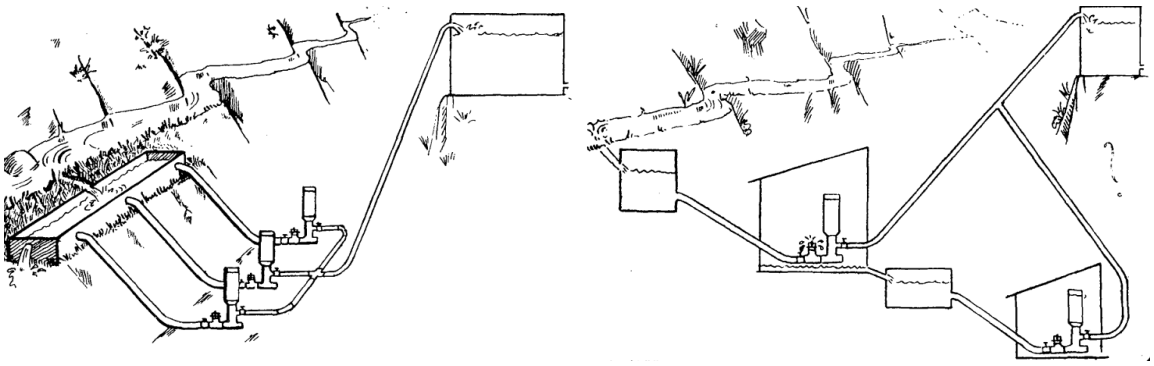
2.1.6.6 Associação de carneiros

Em muitos casos, nem sempre a vazão de recalque ou a altura de elevação fornecida por apenas um aparelho é suficiente para as atividades a que se destina a água bombeada. Assim, quando se deseja volume de água superior ao fornecido, instalam-se bancos de várias unidades que alimentam o mesmo tubo de recalque e multiplicam a descarga (Figura 12a), ou seja, faz-se a associação de carneiros em paralelo (MACINTYRE, 1997). Segundo Dacach (1981), certa vez 11 aparelhos foram instalados em paralelo na cidade de Yakima, nos Estados Unidos.

Em outras situações, quando requerida uma altura de recalque superior a 60 metros, empregam-se carneiros em série que bombeiam por etapas (Figura 12b). Para esse caso, cada um deles descarrega em um depósito a água que alimentará a etapa seguinte a dele. Como haverá a redução do volume aduzido entre cada etapa consecutiva pela perda inevitável da água resultante da operação do aríete, recomenda-se a utilização de carneiros com capacidade decrescente ao longo da linha de recalque (MACINTYRE, 1997).

Figura 12 – Associação de carneiros hidráulicos.

(a) Instalação em paralelo. (b) Instalação em série.



Fonte: Silver (1978).

2.1.7 Carneiros hidráulicos alternativos

Em função da escassez de recursos financeiros, bem como da possibilidade de utilização de materiais ainda aptos de uso, a instalação de carneiros hidráulicos não industriais têm sido considerada opção tangível a diversos proprietários rurais. Para isso, são utilizados tubos de PVC,

mangueiras e peças metálicas, além de, para alguns casos, garrafas de PET como alternativa às câmaras de ar, isto é, peças facilmente encontradas em lojas de material de construção e de irrigação (MAEDA, 2010).

Também conhecidos como carneiros artesanais, estes apresentam diversos modelos assim como o aparelho industrial, tendo como vantagens quando comparados aos últimos o fato de utilizarem materiais recicláveis (menor impacto ambiental) e representarem tecnologia social de baixo custo e acessível aos agricultores. Dentre todos os carneiros alternativos, destacam-se aqueles desenvolvidos pela CERPCH (Figura 13a) e EPAGRI (Figura 13b) em função de terem sua eficiência comprovada pela instalação de aparelhos por todo o país. Assim, representam modelos com diferentes constituições, mas com o mesmo princípio de funcionamento dos equipamentos convencionais.

Figura 13 – Carneiros hidráulicos alternativos.

(a) Modelo desenvolvido pela CERPCH. (b) Modelo desenvolvido pela EPAGRI.

Fonte: CERPCH (2002). Fonte: EPAGRI (2013).

2.1.7.1 Carneiro desenvolvido pela EPAGRI

O modelo desenvolvido pela EPAGRI em 2009 surgiu da necessidade de um agricultor em elevar água em sua propriedade utilizando um sistema de bombeamento que não requeresse uso de eletricidade ou combustíveis fósseis, isto é, dispensasse os elevados custos relativos a essas variáveis (PEDRÃO, 2014).

Visando um melhor desempenho do carneiro hidráulico, desde então foram realizadas modificações no aparelho. Assim, a válvula de poço foi virada da posição horizontal para a vertical e houve a substituição da garrafa PET por uma coluna de PVC. Como resultado foi

obtido desempenho superior quanto à pressão da água recalcada e verificou-se a ausência total de formação de limo verde visto que a garrafa PET, por ser transparente, favorecia a proliferação de algas na presença de luz. Em consequência disto, a água elevada teria seu uso limitado quanto ao consumo humano em seu modelo original. Ainda, foi observada redução significativa no desgaste do pino interno da válvula de poço e este é o modelo de carneiro utilizado até então (PEDRÃO, 2014).

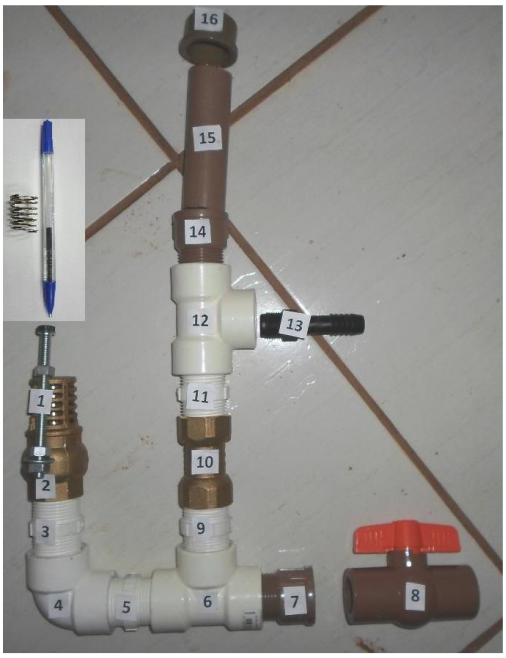
Peças

Requerem-se para a montagem do carneiro número 3 desenvolvido pela EPAGRI os seguintes materiais (EPAGRI, 2015a):

- 2 tês de 32 mm com rosca interna;
- 1 joelho de 32 mm com rosca interna;
- 4 *niples* de 32 mm;
- 1 válvula de retenção vertical (metal) de 1 polegada;
- 1 válvula de sucção (metal) de 1 polegada;
- 1 bucha para redução de 1 pol. para 1/2 pol.;
- 1 adaptador para mangueira de 1/2 pol.;
- 1 parafuso 5/16” de 10cm (rosca até o final);
- 3 porcas (chave 13);
- 3 arruelas;
- 1 fita veda-rosca 25 x 18 mm;
- 1 cola PVC;
- 50 cm de cano de PVC 32 mm;
- 1 registro de gaveta 32 mm;
- 1 cap 32 mm;
- 2 adaptadores curtos 32 mm;
- 1 mola - comprimento de 2,5 cm e diâmetro de 2 cm;
- Serviço de torno (válvula de sucção);
- 20 cm de lixa.

Esses itens estão ilustrados na Figura 14, sendo que falta na mesma a representação dos 10 cm de tubo entre as peças 7 e 8. Além desses materiais, é necessário dispor de alicate de pressão e duas chaves 13, equipamentos essenciais à montagem e instalação do aparelho.

Figura 14 – Material necessário à montagem do carneiro hidráulico.



Legenda:
1 - Parafuso 5/16" com 3 porcas e arruela
2 - Válvula de sucção (onde faz o serviço de torno para acoplar o parafuso)
3, 5, 9 e 11 - *Niple*
4 - Joelho (rosca interna)
6 e 12 - Tê (rosca interna)
7 e 14 - Adaptador curto
8 - Registro
10 - Válvula de retenção vertical
13 - Adaptador para mangueira
15 - 40 cm de cano soldável
16 - *Cap*
Obs: No detalhe, dimensões da mola (comprimento de 2,5 cm e diâmetro de 2 cm). Situa-se dentro da peça nº 2, acoplada ao parafuso.

Fonte: Adaptado de Pedrão (2014) e EPAGRI (2015a).

Montagem

Em função da indisponibilidade de material técnico de suporte quanto à montagem e instalação do carneiro alternativo em questão, utilizou-se como referência para o desenvolvimento da presente seção o vídeo disponibilizado pela EPAGRI (2015c) em canal destinado às suas produções audiovisuais no YouTube®.

A adaptação da válvula de sucção representa a fase mais complexa quanto à montagem do carneiro, sendo necessário realizar inicialmente um furo e rosca na extremidade do crivo (Figura 15a). Para isso, pode-se utilizar uma furadeira com broca e vira-macho adequados ou recorrer ao serviço de torno a fim de permitir a correta adaptação do parafuso a essa peça. Acopla-se, em seguida, uma das porcas até o final do parafuso, encaixando esse conjunto à válvula (Figura 15b). Posteriormente são rosqueadas e apertadas as duas brocas restantes mediante o uso de chaves, deixando um espaço livre de 3 voltas de rosca para que a mola seja solidarizada firmemente ao parafuso (Figura 15c).

Dá-se prosseguimento a essa adaptação da válvula pelo giro do parafuso no sentido anti-horário até que a mola esteja completamente no interior do crivo (Figura 15d), momento a partir do qual essa parte é unida novamente ao corpo da válvula. Por fim, o parafuso é girado

no sentido horário até que se crie uma resistência na mola, condição que indica o fim do ajuste da válvula (Figura 15e).

Figura 15 – Adaptação da válvula de sucção.

(a) Indicação do furo rosqueado na válvula.

(b) Parafuso acoplado ao crivo.

(c) Porcas e mola instaladas.

(d) Mola no interior do crivo.

(e) Verificação da resistência da mola.

Fonte: EPAGRI (2015c)

Ainda anterior à montagem do aparelho, lixam-se as extremidades dos canos e o interior das peças em PVC que serão coladas (Figura 16a). Além disso, coloca-se o veda-roscas sobre os adaptadores curtos (Figura 16b), com a recomendação de 18 a 20 voltas, e sobre o adaptador para mangueira, peça que necessita de 45 voltas.

Figura 16 – Preparo das peças do carneiro.

(a) Tubo lixado. (b) Adaptador vedado.

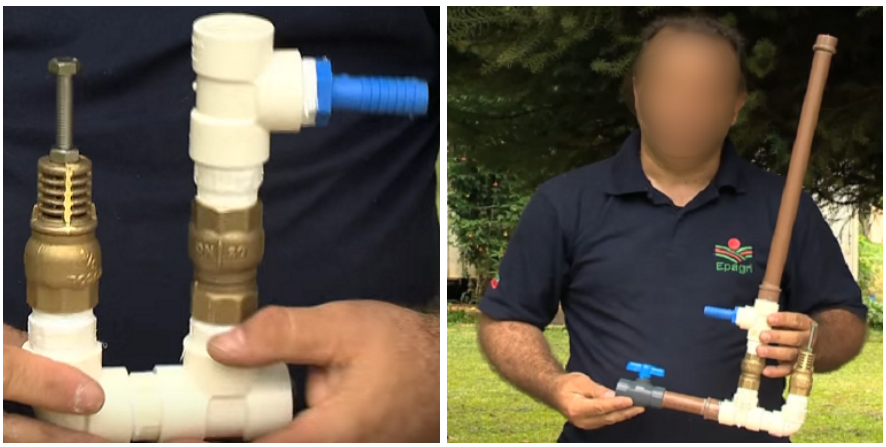
Fonte: EPAGRI (2015c).

A montagem do carneiro é iniciada pelo encaixe e aperto por alicate de pressão do primeiro tê a um *niple* (procedimento repetido para o rosqueamento de todas as peças nos mesmos), conjunto ao qual será acoplada a válvula de retenção vertical (deve-se atentar em colocá-la com a seta no sentido do fluxo da água). Utilizando o segundo *niple*, encaixa-se a válvula ao segundo tê no qual será acoplado o adaptador para mangueira. O terceiro *niple* conecta o primeiro tê ao joelho, sendo encaixada no último, por meio do quarto *niple*, a válvula de sucção de tal forma que esta fique paralela à válvula de retenção vertical (Figura 17a).

Posterior à primeira etapa de montagem, encaixa-se na extremidade livre do primeiro tê um dos adaptadores curtos no qual será colado o pedaço de cano de 10 cm, tubo em que será fixado o registro de gaveta. Por fim, cola-se em uma extremidade do tubo de 40 cm o cap e na outra o último adaptador curto, sendo acoplado este conjunto ao segundo tê e finalizada a montagem do carneiro hidráulico (Figura 17b).

Figura 17 – Montagem do aríete hidráulico.

(a) Primeira etapa de montagem. (b) Carneiro montado.



Fonte: EPAGRI (2015c).

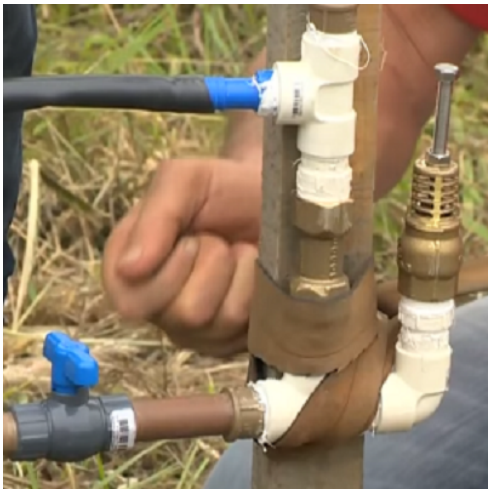
Instalação

Após a conexão do registro à tubulação de alimentação e a mangueira ao adaptador, o carneiro é fixado a uma estaca de tal forma que o mesmo fique nivelado vertical e horizontalmente (Figura 18a), requisitos necessários ao início do procedimento de instalação do aparelho. Além disso, retira-se a válvula de sucção e abre-se o registro até que seja retirado todo o ar da instalação assim como ilustrado na Figura 18b (EPAGRI, 2015c).

Segundo a EPAGRI (2015a), antes de abrir o registro, deve-se girar o parafuso no sentido horário até o seu final, seguido do encaixe da válvula novamente ao carneiro. Após isso, abre-se o registro e a água flui pela válvula de sucção, girando o parafuso lentamente no sentido anti-horário até começarem as batidas (Figura 18c), batimento que deve ser compassado entre 30 e 50 golpes por minuto. Assim que for estabelecido o ritmo, aproxima-se a contraporca em direção à válvula e aperta-se a mesma com o uso de duas chaves (Figura 18d).

Figura 18 – Procedimentos de instalação do aparelho.

(a) Fixação do carneiro à estaca.



(b) Retirada do ar no sistema..

(c) Regulagem da válvula.

(d) Aperto da contraporca.

Fonte: EPAGRI (2015c)

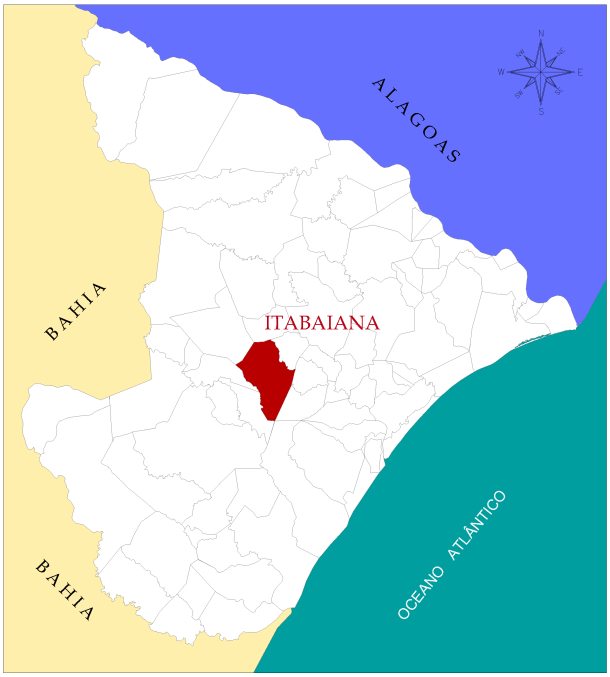
O funcionamento do carneiro deve ser automático e no mesmo ritmo, sendo a vida útil do aparelho dependente do seu uso, da qualidade da água e dos materiais utilizados, sendo recomendados parafusos, porcas, arruelas e mola de aço inoxidável quando se deseja aumentar a vida útil do equipamento (EPAGRI, 2015a).

2.2 Itabaiana

2.2.1 Aspectos gerais

Município localizado no agreste sergipano, Itabaiana situa-se em uma região de transição localizada entre o Litoral e o Sertão caracterizada pela grande concentração de população rural e voltada para os cultivos de subsistência, frutas cítricas, maracujá, fumo e criação de gado leiteiro (SANTOS; ANDRADE, 1998).

Figura 19 – Localização de Itabaiana no estado de Sergipe.



Fonte: Adaptado de DER/SE (2003).

Segundo Mendonça e Silva (2002), Itabaiana possui uma área de 338 km², mais de 50 povoados e tem como municípios limítrofes Malhador, Frei Paulo, Campo do Brito, Macambira, Ribeirópolis, Laranjeiras, Nossa Senhora das Dores e Riachuelo.

Dados do último Censo Demográfico (IBGE, 2010) mostram que a taxa de urbanização de Itabaiana é de 77,85%, ratificando o decréscimo da população rural no município intensificado a partir dos anos 1980 conforme explicitado por Carvalho e Costa (2012, p. 29):

> A partir daquele momento, ocorrem mudanças socioespaciais explicadas pela melhoria da qualidade de vida na cidade, pela melhoria em termos de acessibilidade que favoreceu a manutenção da residência na cidade e a consequente

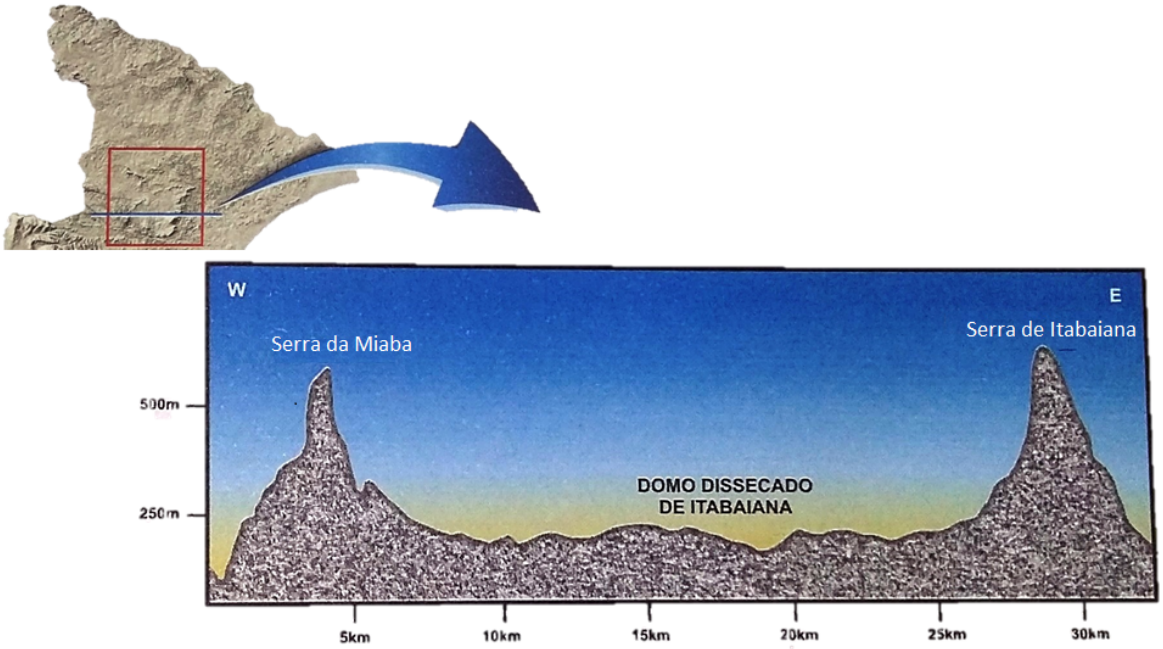
migração pendular para área rural em função do trabalho e, também, pela divisão das propriedades rurais a que foi submetido o município.

2.2.2 Aspectos naturais

Segundo Bispo (2013), Itabaiana apresenta clima do tipo megatérmico seco e subúmido, temperatura média anual de 24,7º C, precipitação média de 858,5 mm ao ano e período chuvoso de março a agosto.

Quanto à geologia e relevo, França e Cruz (2007) afirmam que o município encontra-se assentado sobre uma subunidade superfície pediplanada, caracterizada por uma morfologia sobretudo plana e cuja declividade é inferior a 3% . Além disso, destacam a presença, em relação às áreas circundantes, da serra de Itabaiana, segundo ponto mais elevado do Estado com 659 m de altitude, e da serra da Miaba, com 630 m, terceiro ponto culminante, importantes centros dispersores hidrográficos para as sub-bacias dos rios Sergipe e Vaza-Barris (Figura 20).

Figura 20 – Perfil topográfico do domo de Itabaiana.



Fonte: Adaptado de França e Cruz (2007).

Bispo (2013) complementa que o relevo é classificado como dissecado do tipo tabular, sendo caracterizado por formas pouco salientes, além de maior acentuação de declives próximos às serras e em relação aos leitos de cursos de água.

Como Itabaiana se encontra no perímetro do semiárido ou região de transição, os cursos de água dentro do município são todos intermitentes, exceto aqueles localizados ao sul do mesmo, em torno das serras da Cajaíba e da Ribeira. Apesar da intermitência de seus cursos, nascem em Itabaiana dois importantes afluentes dos rios Sergipe e Vaza-Barris: o rio Jacaracica

e o rio das Pedras, respectivamente. Ainda são rios ou riachos importantes: o rio das Traíras e os riachos da Taboca, da Camadanta, do Cumbuco, da Cachoeira, de Santo Antônio, da Macela, Tapuias, do Cedro e da Canabrava (BISPO, 2013).

Segundo Bispo (2013), existem no município três barragens de capacidade média de armazenamento de água. Construído em 1953, o **Açude da Macela** (Figura 21) foi o primeiro deles, apresentando uma capacidade de 2 milhões e 135 mil metros cúbicos de água armazenada. Apesar da utilização de suas águas para a irrigação, a represa cada vez mais se converte em uma enorme lagoa de estabilização, visto que os três riachos que alimentam o açude estão completamente contaminados com metais pesados e, principalmente, por grande concentração de matéria orgânica.

Diante do quadro descrito e a importância do Açude da Macela para a agricultura itabaianense, está em fase de conclusão a construção de uma estação de tratamento de esgoto na referida localidade. A obra, orçada em R$ 22,4 milhões, faz parte do Programa Águas de Sergipe, sob coordenação da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), promovendo a coleta de esgotos no centro de Itabaiana a fim de despoluir as águas do açude (JORNAL DA CIDADE, 2016).

Figura 21 – Açude da Macela em Itabaiana.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Destaca-se ainda a **Barragem do Jacarecica I**[1], represa cujo volume de acumulação corresponde a 4 milhões e 700 mil metros cúbicos de água (COHIDRO, 2016a). A barragem faz parte do projeto implantado pelo Departamento Estadual de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe (DEHIDRO) em 1987 denominado Perímetro Irrigado de Jacarecica I. A água da mesma é usada predominantemente para irrigação, dessedentação de animais e, eventualmente,

[1] Bispo (2013) utiliza a denominação Jacaracica ao referir-se à mesma represa, sendo essa forma menos frequente na literatura consultada.

uso doméstico e recreação. O perímetro conta com uma área irrigável de 252 ha, com lotes de 2,0 ha, havendo o predomínio dos pequenos agricultores familiares em seu entorno (SANTOS, 2012). Segundo a COHIDRO (2016a), 630 pessoas são beneficiadas com o projeto e os 483,5 ha de área total plantada em 2015 produziram 6907 toneladas de alimentos com o valor da produção anual estimada em R$ 10.438.000,00.

Já a **Barragem do Projeto Ribeira** foi inaugurada em 1987 como parte do Perímetro Irrigado Poção da Ribeira, tendo a represa um volume máximo de água de 16,5 milhões de metros cúbicos, abrangendo um sistema de irrigação por aspersão que atinge 1100 ha de área irrigável (BISPO, 2013). Um total de 4660 pessoas são beneficiadas com o projeto que produziu em 2015 a quantidade de 22234 toneladas de alimentos em uma área plantada de 1994 ha e cujo valor de produção somou R$ 32.562.500,00 (COHIDRO, 2016b).

2.2.3 Aspectos agrícolas

Segundo Bispo (2013), graças à irrigação, Itabaiana é forte produtor de hortaliças, cenário no qual se destacam os perímetros irrigados dos projetos Jacarecica I e Ribeira, além do Açude da Macela, o pioneiro. Silva (2007) complementa que tais projetos foram desenvolvidos com o intuito de aumentar a oferta de alimentos e resultaram no fortalecimento seletivo do espaço e das culturas, além de melhorarem a qualidade de vida do pequeno produtor de olerícolas[2]. Bispo (2013) afirma que, além dos projetos citados, existem diversos projetos pessoais de proprietários de sítios através da irrigação por bombeamento de águas subterrâneas, os poços artesianos.

Outrora conhecido como o município "Celeiro de Sergipe", esse termo não se aplica mais a Itabaiana. Todavia, é observada uma forte tendência do mesmo a permanecer no topo dos municípios produtores de culturas rápidas, especialmente as passíveis de irrigação conforme a Tabela 5 (BISPO, 2013).

Tabela 5 – Área colhida e produção das principais culturas do município de Itabaiana.

Culturas	**Área colhida (ha)**			**Produção (t)**		
	2013	**2014**	**2015**	**2013**	**2014**	**2015**
Amendoim	230	196	245	654	559	690
Batata-doce	1530	1600	1480	23400	22400	20700
Feijão	400	320	300	220	288	270
Mandioca	1500	1600	1920	21250	23950	28800
Milho	100	274	30	85	1411	32
Melancia	200	*	*	4200	*	*
Tomate	60	30	45	900	450	743

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal 2013, 2014 e 2015. (*) Não disponível

Ainda de acordo com Carvalho e Costa (2012), mesmo com as atividades urbanas

[2] Segundo o Dicionário Michaelis, olericultura diz respeito à cultura de legumes.

mostrando-se mais fortes, o município destaca-se quanto à produção de folhagens e de batata-doce, principalmente. As folhagens, especialmente o alface, cebolinha e coentro, têm sua comercialização direcionada aos mercados varejistas e atacadistas do estado de Sergipe e de alguns municípios do sertão baiano e alagoano. Enquanto a batata-doce possui alcance nacional e internacional, sendo direcionada para os mercados do Sul do país e para a Argentina e França.

Segundo Bispo (2013), a área plantada no município vem sofrendo redução drástica desde os anos 1980 (Tabela 6), consequência do movimento de reconcentração de terras, em geral convertidas em pastagens para criação extensiva e semi-intensiva de bovinos. Carvalho e Costa (2012) acrescentam que esse fenômeno pode ser entendido ainda como resultado da divisão de propriedades rurais ou da integração de áreas rurais na expansão do espaço urbano. Bispo (2013) sugere que, apesar do potencial em se beneficiar de culturas fora do agronegócio como a fruticultura, não existe no município qualquer plano agrícola nesse sentido.

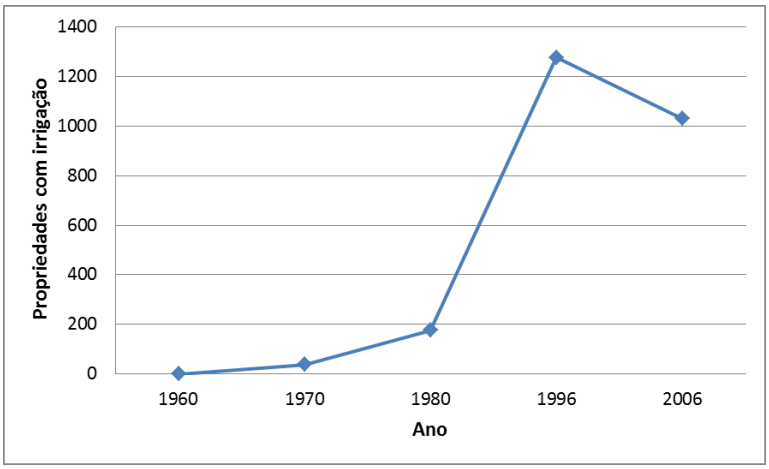
Tabela 6 – Evolução das propriedades e seu uso.

	1960	**1970**	**1980**	**1996**	**2006**
Número de propriedades	7756	4817	5660	4725	3613
Com Pastagens	4719	1993	872	*	1680
Com Lavoura permanente	2148	2616	3462	*	379
Com Lavoura temporária	335	606	5316	*	2888
Irrigados	1	38	177	1276	1030
Pessoal ocupado	22367	15477	15954	14133	9972

Fonte: IBGE – Censos agropecuários 1960, 1970, 1980, 1996 e 2006 apud Bispo (2013). (*) Não disponível

Vale destacar, ainda, o aumento súbito do número de propriedades irrigadas entre 1988 e 1996. Tal fato foi decorrente do surgimento e início das operações das primeiras propriedades irrigadas dos projetos Ribeira e Jacarecica em 1988. Esse crescimento não foi mantido em 2006, como visto na Figura 22.

Figura 22 – Evolução das propriedades com irrigação.



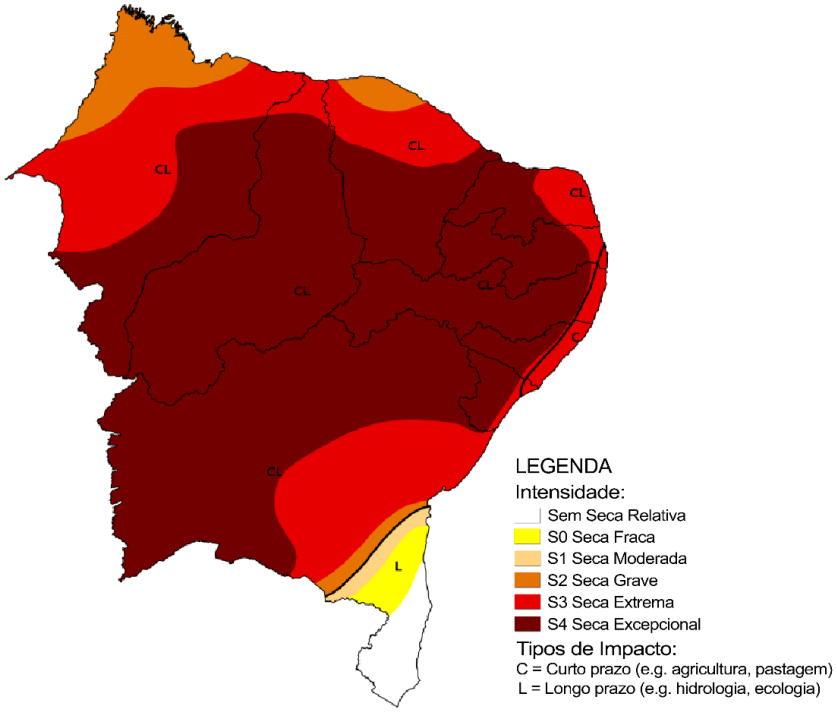
Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2.4 A crise hídrica em Sergipe e Itabaiana

Até 30 de janeiro de 2017, 27 municípios sergipanos tiveram o estado de emergência reconhecido pelo Governo Federal decorrente do extenso período de estiagem que atinge as regiões, sendo declarada a mais grave seca da história recente do estado (DEFESA CIVIL DE SERGIPE, 2017).

Apesar de não estar inserida no polígono das secas, Itabaiana tem sofrido os efeitos desse evento que atinge o estado de Sergipe. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), as poucas chuvas registradas no mês de dezembro de 2016 não contribuíram para melhorar a severidade da seca no estado, havendo expansão na área de seca excepcional para o leste do mesmo, abrangendo Itabaiana (Figura 23).

Figura 23 – Monitor de secas do Nordeste – Dezembro de 2016.



Fonte: APAC - PE (ANA, 2017).

Diante da estiagem prolongada e consequente redução do nível das águas em sua barragem, o fornecimento de água no Perímetro Irrigado Jacarecica I foi interrompido pela COHIDRO desde o dia 17 de janeiro de 2017 até que a condição hídrica seja reestabelecida. Até o dia 13 de abril de 2017, o fornecimento ainda não havia sido retomado e, por conseguinte, impossibilitando o bombeamento para irrigação, impactando diretamente os agricultores que estão inviabilizados de produzir. Por outro lado, estão sendo executadas nesses locais obras de manutenção, limpeza e instalação de mecanismos de segurança e qualidade da água nesse período (COHIDRO, 2017).

3 Metodologia

A fim de atingir os objetivos elencados outrora, foi necessário definir a maneira pela qual seria possível mensurar a viabilidade de utilização do carneiro hidráulico na área estudada. Assim, fez-se necessário realizar inicialmente a revisão bibliográfica visando obter o embasamento teórico requerido para o correto desenvolvimento do trabalho, bem como estudar os modelos construtivos disponíveis e a tecnologia necessária para a implantação do equipamento.

Complementarmente, foi realizado estudo quanto aos aspectos que limitaram a coleta de dados em campo, particularmente a crise hídrica que atinge o Estado de Sergipe, bem como aspectos que permitiriam a ampliação do espectro de utilização do Carneiro e as destinações possíveis das águas desperdiçadas no processo.

Com o propósito de definir o método de pesquisa e racionalizar a obtenção de dados, foi desenvolvido um formulário posteriormente aplicado em cada propriedade visitada e que contemplava desde os requisitos técnicos mínimos presentes na literatura a informações obtidas dos proprietários que permitiram analisar de uma forma mais ampla as variáveis envolvidas no presente trabalho. Ainda, a partir do número de propriedades agrícolas presente no município, foi calculado o tamanho da amostra necessária para a realização da pesquisa.

Por fim, após a escolha do modelo de carneiro cujas atribuições garantiriam um sistema eficiente técnica e economicamente, foi elaborado um orçamento abrangendo todos os custos envolvidos na implantação desse sistema, isto é, do aparelho em si e do reservatório, fundação e tubulação característica do sistema. Assim, foram definidos cenários para os quais foi realizada análise econômica quando comparados esses custos àqueles correspondentes à instalação de um sistema de bombeamento convencional.

3.1 Delimitação da área de estudo

Munido das informações explicitadas até então, definiram-se as áreas de enfoque para a realização do presente trabalho, fossem elas bairros ou povoados de Itabaiana.

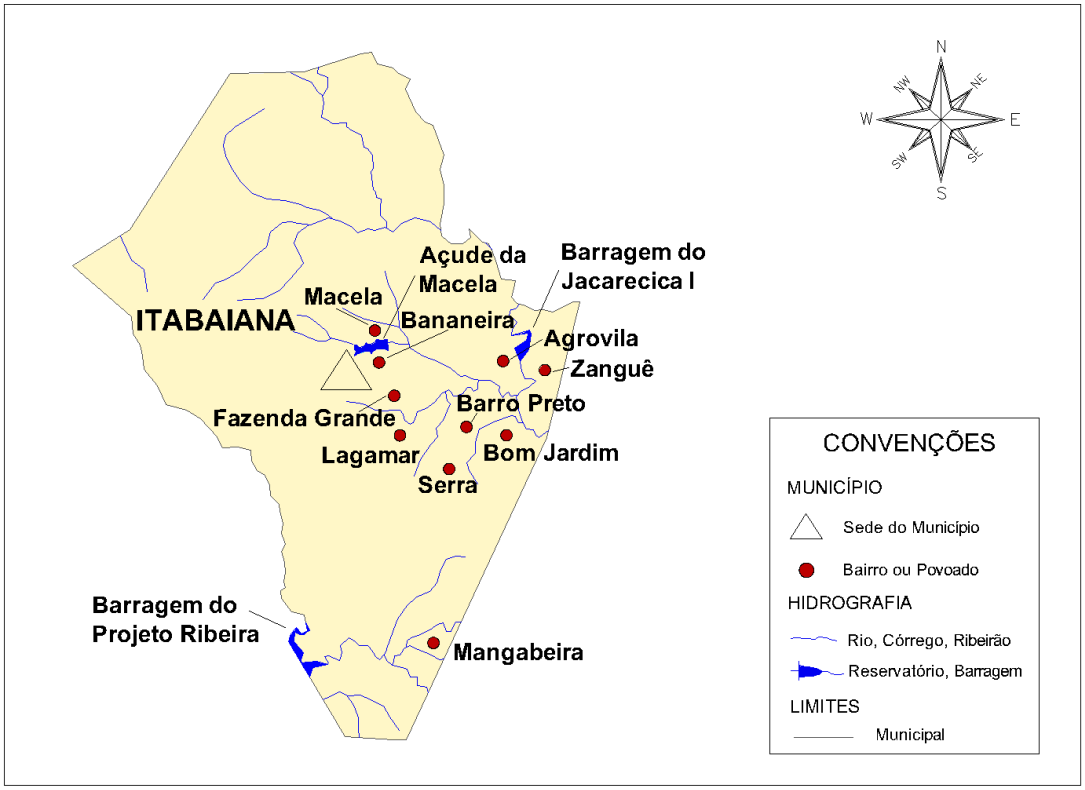
Os critérios utilizados para a determinação das áreas de estudo basearam-se na localização dos perímetros irrigados da Ribeira e Jacarecica I, além da área de abrangência do Açude da Macela. Apesar do último não apresentar a mesma expressividade que já teve na agricultura serrana, a escolha de sítios em seu entorno teve como motivação a possibilidade de promover o ressurgimento das atividades primárias na região por meio da utilização do carneiro hidráulico.

Sendo a declividade do terreno um dos fatores limitantes na implantação do equipamento estudado, mereceram destaque as propriedades rurais localizadas em regiões de declive mais acentuados, especialmente aquelas situadas no entorno da Serra de Itabaiana. Aliado aos

critérios já mencionados, fez-se necessário considerar o peso de determinadas localidades no quadro produtivo agrícola municipal. Em função da dificuldade de acesso a dados oficiais, levou-se em consideração o conhecimento popular acerca desse aspecto.

Assim, foram selecionados 10 bairros/povoados para o presente trabalho: bairros Bananeira e Macela, povoados Agrovila, Zanguê, Barro Preto, Bom Jardim, Serra, Lagamar, Fazenda Grande e Mangabeira (Figura 24).

Figura 24 – Localização dos bairros e povoados escolhidos.



Fonte: Adaptado de DER/SE (2003).

3.2 Método de Pesquisa

Segundo Gil (2008, p. 2):

> Pode-se considerar a ciência como uma forma de conhecimento que tem por objetivo formular, mediante linguagem rigorosa e apropriada - se possível, com auxílio da linguagem matemática -, leis que regem os fenômenos. Embora sendo as mais variadas, essas leis apresentam vários pontos em comum: são capazes de descrever séries de fenômenos; são comprováveis por meio da observação e da experimentação; são capazes de prever - pelo menos de forma probabilística - acontecimentos futuros.

Ainda de acordo com o autor referenciado, para que determinado conhecimento possa ser considerado científico, torna-se necessário identificar as ferramentas, sejam elas mentais ou

técnicas, que possibilitam a sua verificação. Assim, é imprescindível determinar o método que possibilitou chegar a esse conhecimento. Lakatos e Marconi (2003, p. 83) complementam que "a utilização de métodos científicos não é da alçada exclusiva da ciência, mas não há ciência sem o emprego de métodos científicos."

O presente trabalho, considerando os procedimentos de coleta de dados, foi classificado como levantamento de campo, sendo as informações coletadas em um grupo amostral de propriedades rurais por meio de duas etapas: a primeira delas através de medições e análise de condições necessárias à instalação do carneiro hidráulico e a segunda junto aos proprietários rurais por intermédio da aplicação de formulários e posterior análise estatística dos dados, sendo esses abordados de forma quantitativa através de estudo estatístico.

3.2.1 Amostragem

Assim como na maioria dos levantamentos, não foram pesquisados no trabalho todos os integrantes da população estudada. Mediante procedimentos estatísticos, foi selecionada uma amostra significativa de todo o universo, sendo essa tomada como objeto de investigação. As conclusões obtidas a partir desta amostra foram projetadas para a totalidade do universo, levando em consideração a margem de erro adotada (GIL, 2008).

Para o presente trabalho foi utilizada como população (N) o número de propriedades rurais localizadas em Itabaiana com irrigação, ou seja, 1030 sítios (Tabela 6). A fim de determinar amostra significativa (n), foi definida uma margem de erro (e) de 10% e nível de confiança de 90%. Em virtude de prazos curtos para a coleta de dados, não foi possível determinar parâmetros que resultassem em dados mais fidedignos, ou seja, apesar da maior confiabilidade dos resultados, reduzir a margem de erro ou majorar o nível de confiança implicaria no aumento considerável do tamanho da amostra.

Foi necessário ainda determinar o desvio do valor médio que é aceito para alcançar o nível de confiança desejado (Z) e a verdadeira probabilidade do evento (p). O primeiro parâmetro é dado pela forma da distribuição da curva de Gauss e é função do nível de confiança adotado, sendo comumente utilizado o valor de 1,645 para 90%. Já em relação ao segundo, como não houve nenhuma informação sobre o valor esperado, adotou-se a opção mais prudente e normalmente utilizada de 50% (OCHOA, 2013).

Utilizando os parâmetros definidos anteriormente na Equação 3.1, desenvolvida por meio da Distribuição de Gauss, foi encontrado o tamanho de amostra mínimo correspondente a 64 propriedades.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (p-1)} \tag{3.1}$$

onde:

n = tamanho da amostra;

N = tamanho do universo;

Z = o desvio do valor médio aceito para alcançar o nível de confiança desejado;

e = a margem de erro máxima;

p = probabilidade do evento.

3.2.2 Formulário

A fim de determinar o tipo de instrumento a ser utilizado no estudo foi necessário observar quais aspectos seriam avaliados, bem como a quem a ferramenta seria reportada e quais os objetivos a serem alcançados. O formulário consiste em um sistema de coleta de dados através do qual são obtidas informações diretamente do entrevistado, sendo o roteiro de perguntas preenchido pelo entrevistador no momento da entrevista (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Apesar da menor liberdade nas respostas, do risco de distorções pela influência do aplicador e do tempo reduzido para responder as perguntas, as vantagens quanto à utilização dos formulários foram mais significativas e decisivas para a escolha desse instrumento de pesquisa. Como o preenchimento do mesmo é realizado pelo entrevistador, o formulário pode ser utilizado em quase todo o segmento da população e permite a uniformidade dos símbolos utilizados, além de que o entrevistador pode explicar os objetivos da pesquisa e elucidar perguntas que não estejam muito claras (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Quanto à formulação das perguntas, estas foram elaboradas utilizando linguagem simples, mas precisa, considerando o grau de conhecimento daqueles que iriam respondê-las. Foram utilizadas perguntas fechadas, propiciando apenas duas respostas possíveis ao entrevistado, e de múltipla escolha, facilitando a coleta e tabulação dos dados. Além dos dois tipos citados, foi utilizada ainda a combinação de perguntas de múltipla escolha com abertas, propiciando maior aprofundamento daquilo que era investigado no respectivo item. As doze questões do formulário foram divididas em duas seções, partes I e II, a depender da forma como eram obtidos os dados necessários para respondê-las: por meio da coleta de dados técnicos feita pelo entrevistador em cada propriedade ou através das respostas dadas pelos proprietários rurais. Além disso, em seu cabeçalho, havia item para identificação do bairro ou povoado no qual a propriedade estava localizada, bem como a fonte de água que abastecia a mesma (Apêndice A).

3.2.2.1 Parte I - Análise Técnica

As sete questões da primeira parte do formulário foram elaboradas com o propósito de analisar tecnicamente a aplicabilidade do carneiro hidráulico, sendo estas informações coletadas pelo pesquisador em cada propriedade visitada. Para isso, foi necessário, inicialmente, consultar as mais variadas fontes bibliográficas acerca de fatores limitantes e requisitos mínimos necessários

para a instalação do equipamento em estudo.

Como a topografia é o principal fator restritivo da aplicação do carneiro, a **Questão 1** foi elaborada com o propósito de permitir uma análise preliminar das condições topográficas do terreno, sem a utilização de equipamentos de medição, havendo a confirmação ou não da resposta por meio das questões seguintes.

Diante das divergências encontradas na literatura quanto ao desnível mínimo necessário para o correto funcionamento do equipamento, utilizou-se como referência para a **Questão 2** aquela definida por Dacach (1981) e Griffin (2000 apud Abate e Botrel, 2002), isto é, 60 cm.

Já em relação ao comprimento de tubulação a montante, ou seja, as distâncias máximas e mínimas entre a fonte de água e o local no qual seria instalada a bomba, seguiu-se o recomendado por Dacach (1981) e Netto e Fernández (2015), sendo delimitado o intervalo de 8 a 75 m para a **Questão 3**. A fim de poupar tempo na coleta de dados, não foi medido o comprimento da tubulação à montante quando o desnível foi inferior ao valor de 60 cm, sendo marcado o item "não aplicável" para a situação descrita.

A **Questão 4** objetivou analisar visualmente a qualidade da água quanto à sua cor e turbidez, além da presença de resíduos sólidos. Para isso foi utilizada uma escala de ótima, quando a água era límpida, a péssima, quando da presença de resíduos sólidos. Em função da longa estiagem que atinge o estado de Sergipe e, inclusive, o município de Itabaiana, foi adicionado o item "não aplicável" quando as fontes de água encontravam-se secas ou com um volume de água muito abaixo daquele que seria necessário para avaliar a qualidade da mesma.

A **Questão 5** tratou da presença de reservatório elevado na propriedade, aspecto imprescindível quanto à instalação do sistema para o funcionamento do carneiro hidráulico. Já a **Questão 6** englobou a altura aproximada do mesmo, sendo marcada a alternativa "não aplicável" quando não existisse.

Por fim, a **Questão 7** avaliou a viabilidade técnica da aplicação do carneiro hidráulico na propriedade, utilizando como embasamento todas as informações coletadas até então. Além disso, foram obtidos três resultados a depender do desnível utilizado como parâmetro: 60, 100 ou 150 cm, valores comumente encontrados na literatura.

3.2.2.2 Parte II - Entrevista ao proprietário

Já as cinco questões da segunda parte do formulário levantaram informações acerca de aspectos que potencializam a utilização do aríete hidráulico, sendo esses dados prioritariamente fornecidos pelos proprietários rurais.

Inicialmente, a fim de agilizar o processo de coleta de dados, a **Questão 8** tratou da presença ou não do proprietário no local. Estando ausente, as Questões 11 e 12 foram marcadas de imediato como "não aplicáveis".

A **Questão 9** contemplou a utilização ou não de equipamento para bombeamento de água na propriedade. Em caso de ausência do proprietário e sendo nítida a utilização de tais dispositivos, o pesquisador avaliou a referida questão.

A **Questão 10**, dependente da citada anteriormente, especificou o tipo de bomba utilizado, sendo possível citar outro aparato que não estivesse listado entre as opções. Não havendo o uso de qualquer um deles, era assinalada a alternativa "não aplicável".

A fim de ampliar o escopo do trabalho, a **Questão 11** discorreu acerca do custo mensal aproximado da energia elétrica consumida pelo equipamento para bombeamento de água na propriedade. Além da ausência do proprietário, utilizou-se o item "não aplicável" para as situações nas quais os entrevistados optaram não responder a questão ou quando não havia a separação entre os gastos relativos ao uso da bomba e outros fins.

Por fim, a **Questão 12** foi elaborada com o propósito de avaliar a receptibilidade dos proprietários quanto à utilização do equipamento em estudo nas suas propriedades.

3.2.3 Equipamentos utilizados

Definidos os parâmetros e valores a serem mensurados nas visitas de campo, foi necessário determinar as técnicas e equipamentos adequados a partir dos quais foram obtidos os dados que fundamentaram a viabilidade ou não quanto à implantação do carneiro hidráulico nas propriedades.

Dentre os requisitos mínimos, apenas o desnível e a distância entre a fonte de água e o local de instalação do equipamento demandaram a utilização de algum instrumento. Quanto ao desnível, este foi medido utilizando mangueira de nível. Para isso foram necessários dois tubos de PVC 1/2" com comprimento de 2 m, sendo feitas marcações nos mesmos a cada 10 cm e destacando os valores de 50, 100 e 150 cm a fim de facilitar a visualização dos valores. Além disso, utilizou-se 10 metros de mangueira de silicone 5/16" (Figura 25).

Já a distância entre a fonte de água e o local de instalação do equipamento foi obtida mediante a utilização de estacas de madeira e trena em fibra de vidro de 20 m (Figura 26).

3.3 Coleta de dados

A fim de assegurar a validade do formulário e a eficiência dos métodos e instrumentos selecionados, optou-se por realizar um pré-teste no primeiro dia de visitas. Realizada essa prova preliminar, foram promovidos ajustes necessários que dinamizaram o processo de coleta de dados. Como nas primeiras propriedades não foi utilizado o formulário em sua versão final ou os instrumentos ajustados, aquelas foram visitadas novamente no último dia de pesquisas a fim de atualizar e confirmar os dados coletados outrora.

Figura 25 – Medição do desnível em propriedade visitada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 26 – Piquete e trena indicando distância medida.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A definição de quais propriedades seriam visitadas nos locais pré-estabelecidos baseou-se na presença de sistema de irrigação nas mesmas ou o fato de terem em suas imediações a passagem de algum rio/córrego ou, ainda, possuírem alguma fonte para armazenamento de água (açude, lago, etc.). Dessa forma, foram abertos dois vieses possíveis de estudo: a comparação entre sistemas tradicionais de irrigação e o aríete hidráulico, além de analisar o potencial do equipamento como agente transformador do cenário agrícola itabaianense.

Definida a propriedade, era explicado ao proprietário o propósito do trabalho e quais medições seriam realizadas, pedindo autorização ao mesmo para fazê-las. A receptividade e tratamento dado foram expressivas, não sendo negada a realização do estudo em nenhum dos sítios visitados.

Em função do tempo requerido para a coleta de dados em cada propriedade e a distância considerável entre elas, foi necessário racionalizar ao máximo o processo de obtenção de informações em cada local.

Após rápida análise visual da propriedade, era definido qual seria o fator limitante para a mesma, como: a distância correspondente à tubulação de alimentação ou o desnível entre a fonte e o ponto mais baixo do terreno. Sendo definido qual dos dois seria o aspecto restritivo, esse seria medido e, não atendendo ao valor estabelecido pela literatura, a característica não escolhida não seria avaliada.

Quanto à determinação do desnível, este foi o parâmetro que demandou mais tempo nas medições em campo. Apesar de ser uma técnica simples, houve dificuldade inicial relativa ao manuseio da mangueira de nível uma vez que, a fim de agilizar o processo, utilizou-se uma mangueira cujo comprimento era de 20 m. Como resultado, sendo a bitola da mangueira utilizada reduzida, o preenchimento da mesma com água era difícil e a presença de bolhas era uma constante, fator que distorceria os valores encontrados. Assim, optou-se por utilizar uma mangueira com 10 m de comprimento.

Ainda sobre o desnível, foram necessárias algumas considerações em função das condições encontradas nas visitas de campo. Para medi-lo, dois pontos eram necessários: o nível de água na fonte e o local mais baixo do terreno, região na qual seria instalado o carneiro hidráulico. Em consequência da longa estiagem que atinge o município, muitas fontes de água estavam secas e não foi possível visualizar o primeiro parâmetro. Para estimá-lo, utilizou-se como referência o nível de sangria das fontes de água estudadas ou, estando o proprietário presente, o ponto máximo normalmente atingido pela água.

Em relação à distância entre a fonte e o local de instalação do equipamento, ela era medida com o auxílio de até quatro piquetes, haja vista o comprimento máximo da trena de 20 m e o valor máximo da tubulação de alimentação definido pela literatura como sendo igual a 75 m. Por não haver rigorosidade quanto à sua precisão, os pequenos desvios resultantes da presença da vegetação e de irregularidades no terreno não desvirtuaram os resultados obtidos.

Finalizada a análise técnica e preenchida a primeira parte do formulário, partiu-se para a entrevista ao proprietário. Visando facilitar o entendimento das questões e, principalmente, divulgar o equipamento estudado, era entregue inicialmente aos entrevistados um panfleto contendo as principais características do carneiro, custos e peças necessárias para a sua montagem, sendo explicado a eles o funcionamento, vantagens e desvantagens, além das variáveis envolvidas em sua instalação (Anexo A).

Estabelecida uma atmosfera favorável entre entrevistador e entrevistado, eram feitas as perguntas correspondentes à segunda parte do formulário, sendo prestados quaisquer esclarecimentos no decorrer das mesmas.

3.4 Tabulação dos dados

Em posse dos formulários devidamente preenchidos, foi necessário digitalizar essas informações a fim de facilitar a tabulação dos dados. Para isso foi criado um modelo no Google Forms® preenchido com cada um dos 71 formulários, sendo fornecido ao final do processo um arquivo no formato csv com todas as respostas organizadas por questão e formulário.

A análise das respostas foi feita por meio do Microsoft Excel®, priorizando a utilização de gráficos com o propósito de facilitar o entendimento das variáveis envolvidas em cada questão, bem como utilizando a planilha para o posterior cálculo dos custos de instalação em cada propriedade.

3.5 Análise Econômica

Realizado o estudo técnico, requisito indispensável para a implantação do equipamento estudado, fez-se necessário, por fim, realizar análise econômica que abrangesse todos os componentes e custos envolvidos na instalação do carneiro hidráulico. Para isso foram consideradas apenas as propriedades nas quais o estudo técnico validou a possibilidade de uso do aríete. Assim, essa última etapa consistiu em, inicialmente, definir o modelo do aríete a ser utilizado, bem como o tipo de reservatório elevado, sua estrutura de suporte e respectiva fundação, além da tubulação.

Quanto à escolha do carneiro, inicialmente fez-se necessário comparar entre os modelos industrial e alternativo, análise a partir da qual foi adotado o tipo e número de aríete cujo uso será recomendado nas propriedades. Ainda, estimou-se o custo desse aparelho no município em questão.

Anteriormente à escolha do tipo de reservatório elevado, faz-se necessário determinar qual seria a capacidade de armazenamento do mesmo. Esse aspecto dependerá da finalidade a que se destinam as águas bombeadas em cada propriedade bem como o volume de água requisitado por cada uma delas. Como o presente estudo não quantificou a capacidade de arma-

zenamento das fontes de água e o volume a ser bombeado em cada propriedade, estimou-se a capacidade do reservatório elevado por meio da vazão máxima fornecida pelo carneiro adotado anteriormente e o tempo de funcionamento diário do mesmo.

Definido o volume de armazenamento da caixa, foram especificadas todas as características da sua estrutura de suporte. Assim, definiram-se o pé-direito e o material constituinte da base, especificações que permitiram buscar o fornecedor cujo produto atendesse a esses requisitos de instalação. Por fim, para essa estrutura, definiu-se a sua fundação (tipo e custos envolvidos) e, utilizando os valores de desnível medidos em campo, pôde-se especificar qual seria o material mais adequado para a tubulação.

Posteriormente, foram mensurados os custos relativos a esses itens, variáveis essenciais na determinação dos parâmetros que permitiram analisar a viabilidade econômica do projeto em diferentes cenários.

3.5.1 Cenários possíveis

Em função da variabilidade de condições presentes em campo, nem sempre seria necessária a instalação de um reservatório elevado nas propriedades. A não necessidade dessa utilização seria decorrente da presença de alguma dessas estruturas no sítio, da proposição de uso das águas provenientes do carneiro hidráulico diretamente a um sistema de irrigação adequado ou por haver um local elevado no terreno em que seria possível a locação do reservatório, ou seja, não seria necessária uma estrutura de suporte para o mesmo. Por conseguinte, foram considerados no estudo esses quatro cenários e seus respectivos custos a fim de garantir aos proprietários diferentes perspectivas de uso do equipamento estudado.

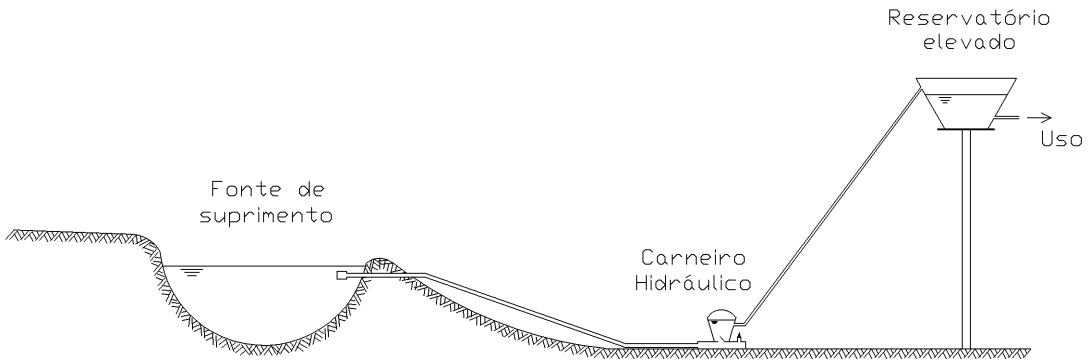
3.5.1.1 Cenário A

As propriedades enquadradas nesse caso seriam aquelas nas quais já existisse um reservatório elevado e este poderia receber as águas bombeadas pelo carneiro hidráulico (Figura 27), desde que elas apresentem a qualidade necessária para a atividade a que serão destinadas. Para esta conjuntura foi considerado como custo de instalação o aparelho em si e a tubulação de alimentação característica para cada um dos sítios.

3.5.1.2 Cenário B

Fariam parte deste cenário as propriedades cujos terrenos são praticamente planos e nas quais haveria a necessidade de implantação de um reservatório elevado com o propósito de aproveitar a altura de elevação fornecida pelo sistema (Figura 27). Esse caso será aquele em que o custo de implantação será o mais elevado, visto que irá requerer a instalação do reservatório elevado (despesas relativas à fundação, estrutura de suporte e caixa d'água), além da tubulação de adução entre a fonte de suprimento e o aparelho.

Figura 27 – Cenários A e B (reservatório existente ou a ser instalado).

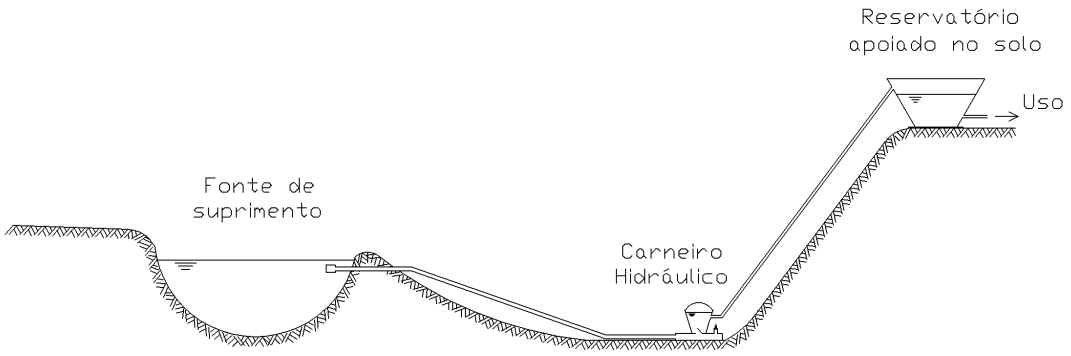


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5.1.3 Cenário C

O cenário C (Figura 28) abrangeria as propriedades nas quais seria possível instalar apenas a caixa d'água em um ponto elevado do terreno, ou seja, dispensaria os custos relativos à estrutura de suporte e fundação da mesma. Assim, as únicas despesas consideradas nesse cenário foram as do reservatório em si e da tubulação de alimentação.

Figura 28 – Cenário C.



Fonte: Elaborado pelo autor.

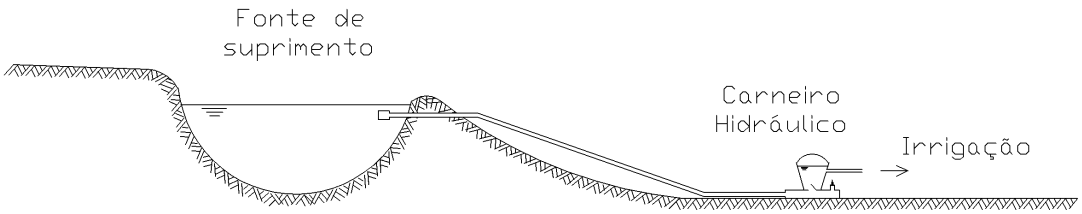
3.5.1.4 Cenário D

Já essa conjuntura representaria aquela em que a água bombeada seria canalizada diretamente para os cultivos (Figura 29), não havendo necessidade de acúmulo desse líquido em um reservatório. Para esse cenário, foi recomendada a utilização de irrigação por gotejamento, prática cuja eficiência já foi analisada e comprovada para sistemas em que há uso do carneiro hidráulico (DARDOT, 2012).

Assim, para esse cenário, foram considerados como custos aqueles relativos ao aríete e à tubulação de suprimento. Diferentemente dos três cenários descritos anteriormente cujos

usos da água seriam para irrigação, consumo humano ou dessendatação de animais, este seria o único em que o uso das águas bombeadas ficaria restrito à irrigação.

Figura 29 – Cenário D.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5.2 Ferramentas de análise

Como o presente estudo não analisou a vazão disponível na fonte de suprimento, bem como aquela necessária às diversas atividades a que se destinariam as águas bombeadas, não foi possível realizar a estimativa da receita direta resultante da instalação do carneiro em cada sítio. Em função disso, o total de propriedades em que seria possível a instalação do aparelho foi dividido em dois grupos tendo como critério de classificação a utilização prévia de algum equipamento para bombeamento das águas disponíveis nas fontes, conjuntura que permitiriu mensurar a viabilidade econômica do sistema proposto.

3.5.2.1 Grupo 1

Fizeram parte do primeiro grupo as propriedades nas quais já havia a utilização de equipamento para bombeamento, sendo analisada o quão vantajosa seria a substituição desse equipamento pelo aríete hidráulico.

A análise econômica para esse grupo consistiu na determinação do período de retorno para um ou mais cenários nos quais as propriedades se enquadrem, ou seja, o tempo necessário para que o proprietário tenha o retorno do capital investido (FERREIRA, 2009). Para isso, foram considerados como despesas os respectivos custos de implantação do sistema e como receita o custo mensal de energia elétrica referente ao uso do equipamento de bombeamento (economia resultante da sua substituição pelo Carneiro), isto é, os valores médios de 75, 150 e 250 reais referentes a cada intervalo presente na questão 11 do formulário (Apêndice A).

De acordo com Ferreira (2009), o horizonte de planejamento normalmente adotado em projetos refere-se à vida útil de seu componente com custo inicial mais elevado. Assim, a verificação da viabilidade econômica quanto à utilização do carneiro hidráulico consistiu na comparação entre o período de retorno obtido e a vida útil média da estrutura de suporte (peça mais

cara dentre os cenários considerados), sendo esse tempo igual a 30 anos conforme relatado pelo fornecedor dessa estrutura.

3.5.2.2 Grupo 2

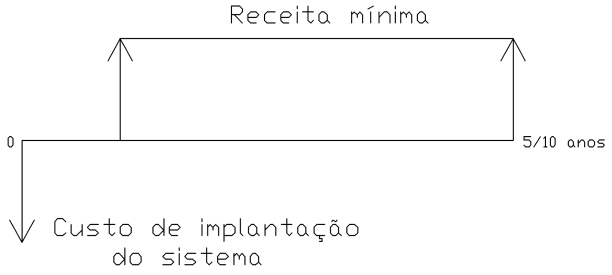
Fizeram parte do segundo grupo as propriedades nas quais não havia a utilização de equipamento para bombeamento. Assim, a análise econômica consistiu na determinação da receita mínima gerada através da utilização do Carneiro a partir da qual seria viável sua instalação, comparando esse valor ao requerido por bombas centrífugas. Para isso foram considerados os horizontes de planejamento de 5 e 10 anos.

Como não seria possível realizar a análise econômica utilizando cada modelo de bomba presente nos sítios, foi adotado como modelo de bomba centrífuga aquele disponível no comércio local cuja vazão fosse a mais próxima possível à do carneiro. Dessa forma, foi considerada na análise relativa a esse grupo a bomba centrífuga Ferrari® de meio cavalo de potência e com entrada de 1 polegada e saída de meia (assim como no modelo do Aríete escolhido), cujo preço no comércio itabaianense era de R$ 175,00 (março de 2017).

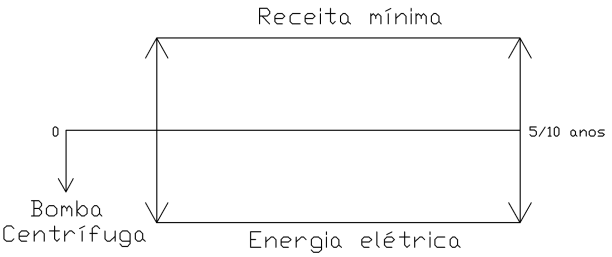
A determinação da receita mínima exigível para a viabilidade de uso do carneiro utilizou como despesa o custo relativo à instalação do aparelho em cada cenário (Figura 30a), enquanto que a renda exigida pelo sistema em que se utilizaria bomba centrífuga utilizou o custo de aquisição da mesma e os gastos mensais de energia elétrica adotados assim como no grupo 1 (Figura 30b).

Figura 30 – Fluxos de caixa.

(a) Uso de Carneiro Hidráulico.



(b) Uso de bomba centrífuga.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4 Resultados e Discussão

4.1 Especificações do projeto

4.1.1 Carneiro Hidráulico

Existem basicamente dois modelos a serem considerados: o industrial e o alternativo. O primeiro, apesar de tradicionalmente utilizado e com maior precisão quanto à sua fabricação, tem como fatores limitantes a baixa disponibilidade dos equipamentos no mercado, o reduzido número de fabricantes e preços significativos (Tabela 7).

Tabela 7 – Preços do carneiro fabricado pela Marumby® (março de 2017).

Nº do aparelho	Diâmetro da tubulação de adução	Peso	Preço (R$)	Frete (R$)
3	1”	19 kg	825,00	82,50
4	1.1/4”	24 kg	995,00	99,50
5	2”	31 kg	1245,00	124,50
6	3”	65 kg	2340,00	234,00

Fonte: Adaptado de Marumby (2017b) e Marumby (2017c).

Quanto a modelos alternativos, destaca-se o desenvolvido pela EPAGRI de Santa Catarina. Apesar de fornecer vazão reduzida e possuir menor rigidez quando comparado ao aríete industrial, esse modelo destaca-se por ser uma opção econômica (Tabela 8) e de fácil acesso aos agricultores, pois todas as peças são encontradas no comércio local. Dessa forma, é permitida a montagem e instalação do equipamento por eles mesmos, além de facilitada a reposição de peças quando danificadas.

Tabela 8 – Preços do carneiro disponibilizados pela EPAGRI (março de 2017).

Nº do aparelho	Diâmetro da tubulação de adução	Peso	Preço (R$)	Frete (R$)
1	1/2”	0,80 kg	160,00	48,15
2	3/4”	0,88 kg	180,00	48,45
3	1”	1,40 kg	200,00	53,15
4	1.1/4”	2,30 kg	280,00	60,15
5	1.1/2”	4,80 kg	400,00	73,75
6	2”	6,70 kg	500,00	93,05

Fonte: Pedrão (2017).

Constata-se por meio das Tabelas 7 e 8 diferença significativa não apenas quanto ao peso dos equipamentos, como também entre o preço dos modelos industrial e alternativo,

observando-se variação de 312,5% entre os preços para o modelo cuja tubulação de adução é de 1 polegada (número 3 das Tabelas 7 e 8). Como o projeto em questão tem o objetivo principal de fornecer alternativa ao bombeamento convencional em pequenas propriedades rurais no município de Itabaiana e nem sempre será requerida vazão tão significativa pelas culturas, o critério econômico foi o decisivo quanto à escolha do modelo a ser utilizado nos sítios. Assim, foi optado pelo carneiro hidráulico desenvolvido pela EPAGRI, opção relativamente barata e que garantirá bom rendimento e vazão suficiente ao sistema. Além disso, aquele é amplamente utilizado no Brasil (já instalado em mais de 2500 propriedades) e em aproximadamente 20 países da África, Europa e América (PEDRÃO, 2017).

Definido o modelo do carneiro hidráulico, fez-se necessário determinar qual seria a numeração do mesmo, pois por meio do tipo de equipamento escolhido é possível estimar a vazão que seria fornecida por ele, informação necessária na definição da capacidade do reservatório a ser utilizado no projeto.

A determinação do tamanho do aríete a ser utilizado em cada propriedade depende basicamente da vazão necessária para o seu correto funcionamento (Tabelas 2, 3 e 4) e do volume de água requerido pela atividade a que se destina (irrigação, consumo humano, dessedentação de animais, entre outras), além da altura de queda. Em função da heterogeneidade e particularidades de cada propriedade visitada, o tipo de equipamento que seria utilizado em cada uma delas não seria similar. A fim de simplificar o estudo em questão foi adotado como referência o modelo número 3 do carneiro hidráulico visto que este é comumente utilizado em grande parte das propriedades nas quais o aparelho já foi instalado (PEDRÃO, 2017), ou seja, supriria as variadas demandas existentes nos sítios.

Por fim, foi necessário elencar as opções disponíveis no mercado a que os agricultores teriam acesso e a sua viabilidade, levando em conta o modelo e número do equipamento escolhido. A primeira delas seria o carneiro disponibilizado pela EPAGRI, sendo cada unidade enviada já montada e acompanhada de DVD contendo orientações de montagem, instalação e regulagem (PEDRÃO, 2017). Para o carneiro número 3 o custo de aquisição, levando em consideração o preço do aparelho e o frete, seria de R$ 253,15 (Tabela 8). Como um dos objetivos do presente projeto diz respeito a sua execução pela iniciativa dos gestores municipais, a escolha pela compra direta à EPAGRI seria interessante, visto que permitiria a aquisição de quantidade considerável de unidades (o que poderia reduzir o custo do aparelho em si e do frete), além de sua instalação não estar condicionada à disponibilidade e à busca em diferentes fornecedores de cada uma das peças necessárias para a montagem do aríete.

Outra opção seria a compra das peças, montagem e instalação do carneiro hidráulico pelos agricultores conforme indicação da EPAGRI (2015a). Foi realizada pesquisa no comércio de Itabaiana em março de 2017, sendo constatada a disponibilidade de todas as peças e serviços necessários à correta construção do equipamento.

Em função das diferentes naturezas dos elementos necessários à montagem, não foi

possível encontrar todas as peças em um único estabelecimento. Assim, conforme a Tabela 9, 13 das 18 peças foram encontradas em uma casa de irrigação (fornecedor A), 4 delas em uma loja de ferragens (fornecedor B) e a lixa d'água em uma loja de tintas (fornecedor C), enquanto o serviço de torno em uma tornearia (fornecedor D). Dessa forma, a montagem do carneiro por conta própria resultaria ainda em custos de deslocamentos que não foram considerados no estudo em virtude da variabilidade de conjunturas possíveis.

Esse levantamento permitiu estimar o custo do aparelho no município em R$ 158,24 (Tabela 9), valor 37,5% inferior quando comparado à importância necessária à aquisição do mesmo aparelho pela EPAGRI (Tabela 8). Assim sendo, a compra e montagem do carneiro hidráulico pelos agricultores representa uma alternativa viável, tanto em função do critério econômico quanto da disponibilidade das peças no comércio itabaianense. Por conseguinte, esse valor será considerado na análise econômica do presente estudo.

Tabela 9 – Itens e custos relativos à montagem de um carneiro hidráulico (março de 2017).

Item	Preço unitário (R$)	Preço total (R$)	Fornecedor
2 tês de 32 mm com rosca interna	4,50	9,00	A
1 joelho de 32 mm com rosca interna	2,30	2,30	A
4 *niples* de 32 mm	1,73	6,92	A
1 válvula de retenção vertical (metal) de 1 pol.	35,00	35,00	A
1 válvula de sucção (metal) de 1 pol.	33,00	33,00	A
1 bucha para redução de 1 pol. para 1/2 pol.	1,50	1,50	A
1 adaptador para mangueira de 1/2 pol.	0,58	0,58	A
1 parafuso 5/16 de 10cm (rosca até o final)	0,97	0,97	B
3 porcas (chave 13)	0,07	0,21	B
3 arruelas	0,05	0,15	B
1 fita veda-rosca 25 x 18 mm	4,60	4,60	A
1 cola PVC 75 g	8,50	8,50	A
50 cm de cano de PVC 32 mm	34,50	2,88	A
1 registro de gaveta 32 mm	27,00	27,00	A
1 cap 32 mm	1,73	1,73	A
2 adaptadores curtos 32mm	2,10	4,20	A
1 mola - 2,5 cm de altura e diâmetro de 2 cm	3,50	3,50	B
Lixa d'água nº 150	1,20	1,20	C
Serviço de torno (válvula de sucção)	15,00	15,00	D
	Preço final (R$)	**158,24**	

Fonte: Adaptado de EPAGRI (2015a).

Complementarmente, seriam necessários ainda equipamentos que permitissem a montagem do aparelho, tais quais serra de cortar cano, alicate de pressão e chave 13 (EPAGRI, 2015a). Como estes são normalmente encontrados nas propriedades rurais, seus valores não foram considerados como custo na instalação do equipamento. Já o serviço de torno (furo e rosca da válvula de sucção) poderia ser realizado mediante a utilização de uma furadeira e acessórios.

Segundo Pedrão (2017), dificilmente os agricultores possuem a ferramenta para fazer a rosca denominada vira-macho, especialmente na bitola do parafuso 5/16", fato que motivou a consideração do custo relativo a esse serviço no orçamento do aparelho.

4.1.2 Reservatório elevado

Como o foco do trabalho é a utilização do carneiro para a irrigação, considerou-se como tempo de funcionamento diário o período de 12 horas, intervalo correspondente àquele em que há disponibilidade de luz solar (agricultor estaria no sítio) ou o tempo para reabastecer o reservatório durante a noite (o aparelho pode funcionar por 24 horas ininterruptas). Como o aríete número 3 desenvolvido pela EPAGRI fornece uma vazão máxima de 200 l/h (Tabela 4) e considerando o período de funcionamento de 12 horas por dia, a capacidade do reservatório seria de 2400 litros. Assim, considerou-se uma caixa d'água cujo volume seria igual a 3000 litros, valor comercial comumente encontrado.

Consecutiva à determinação da capacidade do reservatório, a definição do pé-direito corresponde à estrutura de suporte baseou-se nos valores máximos e mínimos recomendados pela literatura quanto à altura de elevação. Segundo Dacach (1981), esse parâmetro deve estar situado no intervalo de 6 a 12 vezes o valor da altura de queda, enquanto Macintyre (1997) discorda quanto ao valor máximo, considerando que o mesmo não deve ser maior que 10 vezes o valor do desnível entre a fonte e o aríete. Já Netto e Fernández (2015) afirmam que esse valor costuma ficar entre 4 a 8 vezes a queda d'água. Como o rendimento do aparelho decresce com o aumento da altura de elevação para um mesmo valor de queda (Tabela 1), foi considerada no trabalho a relação mínima de 1/7 a 1/8 entre os parâmetros, valor que garantiria um rendimento energético para o equipamento de, pelo menos, 50% a 55% (Tabela 1).

Assim, como a altura de queda mínima requerida para o correto funcionamento do carneiro escolhido é de 1 metro (EPAGRI, 2015a), tem-se que a altura adotada para a base de suporte seria de 6 metros (com a caixa d'água a altura total de recalque seria um pouco maior que 7 metros, o que ainda garantiria um bom rendimento do dispositivo). Além disso, por meio de uma rápida pesquisa, constatou-se que os valores de pé-direito mais comuns no mercado para as estruturas de suporte correspondiam aos valores de 4, 6, 8 e 10 metros. Para qualquer valor diferente desses, seria necessário um projeto complementar que implicaria custos adicionais e encareceria o conjunto.

Visando a facilidade e rapidez de execução das estruturas, além da durabilidade e uniformidade das mesmas, optou-se pela utilização de peças prontas e que necessitariam apenas ser instaladas em cada uma das propriedades na qual seria viável a utilização do equipamento em estudo. Assim, restringiu-se a escolha do reservatório elevado a dois tipos: em estrutura metálica ou em concreto armado. Na primeira opção todo o conjunto (estrutura de suporte e caixa d'água) seria de metal, enquanto na segunda alternativa o reservatório seria em fibra de vidro e a estrutura de suporte pré-moldada em concreto armado.

Sendo o custo um aspecto decisivo quanto à escolha da estrutura em questão, fez-se necessário inicialmente contatar fornecedores das peças descritas, fossem eles de Sergipe ou não, via telefone e e-mail. De onze empresas sergipanas que fabricavam peças pré-moldadas em concreto armado e com os quais foi possível estabelecer contato, apenas uma delas (fornecedor A) produzia a base de reservatórios elevados conforme especificado em projeto, embora tenham encerrado a produção de reservatórios com 3000 litros de capacidade (Tabela 10).

Constatada a dificuldade de obtenção das peças em Sergipe, ampliou-se a busca por fornecedores de outros estados, priorizando aqueles localizados no Nordeste. Em função disso, mesmo alguns fabricantes garantindo preços competitivos, o frete necessário para transportar as peças simplesmente inviabilizava o negócio.

É importante mencionar que os preços dispostos na Tabela 10 referem-se ao conjunto reservatório e base de suporte. Para o fornecedor C a estrutura de suporte custaria R$ 3750,00, enquanto o reservatório em fibra de vidro R$ 1050,00. Já para o Fabricante G, o primeiro custaria R$ 1500,00 e o segundo R$ 900,00. Para o restante dos fornecedores o custo relativo aos dois elementos são indissociáveis.

É perceptível pela Tabela 10 o peso do frete no custo total de cada alternativa, além da significativa variação dos preços relativa à aquisição do reservatório elevado. Destaca-se a diferença de 254% entre os fornecedores A e G (ressaltando que o primeiro fornece um reservatório de maior capacidade), fato que pode ser explicado pela hegemonia do referido fornecedor quanto à venda dessa estrutura em Sergipe.

Assim, em função do reduzido custo associado a sua escolha, optou-se pela proposta do fornecedor G (Figura 31) cujo valor de R$ 2600,00 será considerado na posterior análise econômica (Tabela 10).

Tabela 10 – Reservatórios elevados e seus preços (março de 2017).

Fornecedor	Estado	Material	Altura da base	Capacidade	Preço (R$)	Frete (R$)	Preço final (R$)
A	SE	CA*	6,0 m	5000 l	8500,00	Incluso	8500,00
B	SP	Metal	6,0 m	3100 l	6500,00	2000,00	8500,00
C	PI	CA	6,0 m	3000 l	4800,00	3800,00	8600,00
D	SP	Metal	6,0 m	3000 l	6186,60	Incluso	6186,60
E	SP	Metal	6,0 m	3000 l	6000,00	3750,00	9750,00
F	SP	Metal	6,0 m	3000 l	5900,00	Incluso	5900,00
G	AL	CA	6,0 m	3000 l	2400,00	200,00	2600,00

Fonte: Elaborado pelo autor. (*) Concreto Armado

Havendo o interesse dos gestores públicos quanto ao trabalho desenvolvido, outra opção além das elencadas até aqui seria a aquisição por parte da Prefeitura de um dos projetos desenvolvidos pelos fornecedores (opção proposta por um deles em função do custo elevado relativo ao frete) ou a elaboração de outro por parte de sua equipe técnica. Assim, o órgão em

Figura 31 – Modelo de reservatório elevado adotado.

Fonte: Cortesia da CONCRETEC®.

si seria responsável pelo fornecimento de todos os recursos necessários (materiais, humanos e financeiros) e pela construção das estruturas, havendo a necessidade de se considerar todas as variáveis envolvidas nessa escolha (custos, segurança, rapidez, mão de obra, entre outras).

Faz-se necessário reiterar que as especificações adotadas até então servem apenas como parâmetros genéricos, ou seja, compatíveis com maior parte dos sítios, a fim de se fazer uma análise quanto à viabilidade econômica da utilização do aparelho em estudo. Assim, a adoção de diferentes tipos de carneiro, além de estruturas com reservatórios de distintas capacidades de armazenamento e alturas, poderá ser feita a depender das condições e necessidades de cada propriedade.

4.1.3 Fundação

A concepção de uma fundação é função basicamente das cargas a que o solo está submetido bem como a natureza do mesmo. Como no presente trabalho não foram realizados testes que permitissem verificar a composição granulométrica e resistência dos solos, optou-se por considerar a fundação em concreto ciclópico em função da tradição construtiva quanto à escolha desse tipo de base para a estrutura de suporte adotada no presente estudo (Figura 31).

Segundo os fabricantes consultados, a composição do concreto ciclópico comumente adotado na prática é de 30% de pedra de mão e 70% de concreto, proporção que garante uma boa resistência da estrutura e reduz os custos relativos ao uso de ligante. Para a estrutura de

suporte adotada no projeto, o fornecedor recomenda a utilização de uma fundação com 1 metro em todas as suas dimensões, demandando um volume de 1 m³ do material.

Ainda segundo o fornecedor, o custo médio da fundação com as dimensões citadas anteriormente é de R$ 350,00, preço bastante similar àquele fornecido pela CYPE (2017) para o mesmo volume de concreto ciclópico (Anexo B). Assim, o primeiro valor citado foi o utilizado na análise econômica quando da necessidade de utilização de reservatório elevado na propriedade.

Em função das diferentes condições a serem verificadas em cada propriedade, recomenda-se a realização de ensaios em campo de tal forma que seja possível mensurar a consistência e propriedades granulométricas do solo. Assim, caso esse não forneça uma resistência adequada, deverão ser estudadas opções alternativas ao tipo de fundação adotada.

4.1.4 Tubulação

A escolha do tipo de tubulação utilizado tanto na alimentação quanto no recalque baseou-se em critérios econômicos, além da recomendação de materiais pelos desenvolvedores do carneiro adotado e por pesquisadores. Assim, conforme orientação da EPAGRI (2015a), foi optado pelo PVC para a tubulação de alimentação, material cujo custo é relativamente baixo e já testado em grande número de sítios, garantindo um desempenho satisfatório desse sistema. No entanto, essa escolha estará condicionada ao desnível encontrado em cada propriedade visitada, sendo recomendado o uso de tubulação em aço galvanizado para aquelas em que o desnível for superior a 4,2 metros (ABATE; BOTREL, 2002).

Já para a tubulação de recalque será recomendado o uso de mangueira conforme orientação da EPAGRI (2015a). Segundo Pedrão (2017), foram implantados sistemas de recalque com uso de tubulação em PVC e o desempenho obtido foi o mesmo daqueles em que se utiliza mangueira. Por outro lado, o uso de tubo em PVC representou um custo aproximadamente 4 vezes maior quando comparado ao da mangueira (dados obtidos no comércio local), fato que inviabilizou o uso do primeiro.

Em função das diversas possibilidades de instalação do reservatório elevado ou caixa d'água apoiada em um ponto alto do terreno, não haveria como mensurar os comprimentos relativos à tubulação de recalque em cada propriedade visitada. Dessa forma, foi considerada na análise econômica apenas a tubulação de alimentação, sendo seu custo obtido pela multiplicação da distância entre a fonte de água e o local de instalação do carneiro (item presente no formulário através da questão 3) pelo valor de R$ 5,75, preço médio para 1 metro de tubulação em PVC de 1 polegada obtido no comércio local.

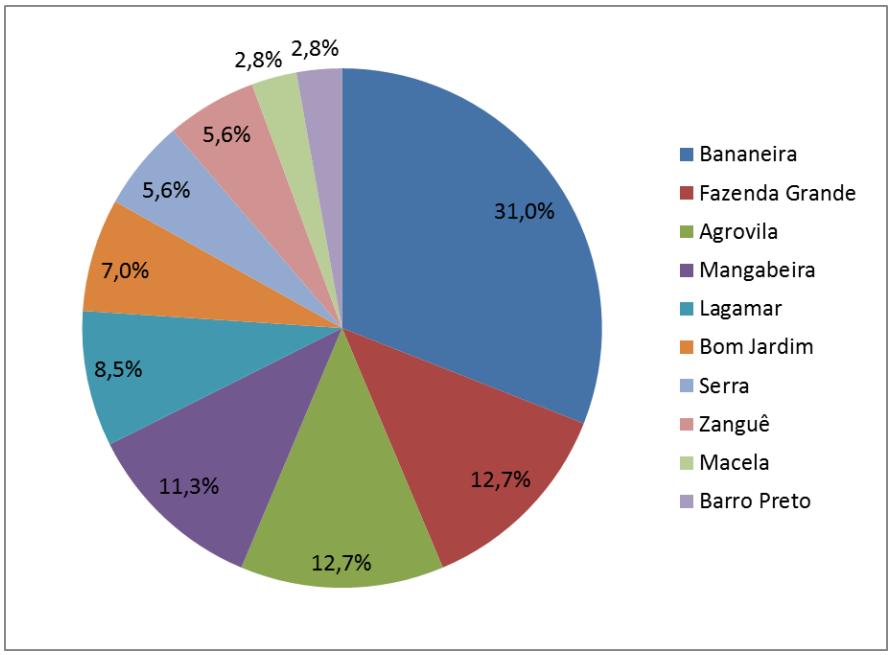
4.2 Apresentação dos dados dos formulários

As respostas dos formulários estão dispostas na tabela apresentada no Apêndice B. Tais dados permitiram não apenas verificar a viabilidade técnica de instalação do carneiro hidráulico, foco da primeira parte do presente capítulo, como também fornecer informações essenciais na determinação dos parâmetros econômicos em cada propriedade visitada.

A pesquisa de campo foi realizada em 9 dias, de 20 a 30 de dezembro de 2016, com exceção dos dias 24 e 25 em função da comemoração do Natal. Apesar de a amostra ter sido definida em 64 propriedades, buscou-se inicialmente visitar o máximo de propriedades no intervalo de tempo definido. Assim, ao final foram analisadas 71 propriedades localizadas nos 10 povoados definidos anteriormente (Figura 32).

Do total de sítios, 22 deles (31,0% do total) encontravam-se no bairro Bananeira (Figura 32), fato justificado pela proximidade das propriedades por aquele se situar no entorno da cidade. Além disso, focou-se naquela região em função da perda gradativa de sua participação na produção agrícola municipal, outrora ocupando posição de destaque. Assim, a utilização do equipamento em estudo poderia agir como força propulsora do desenvolvimento agrícola no bairro.

Figura 32 – Localização (bairro ou povoado) das propriedades visitadas.



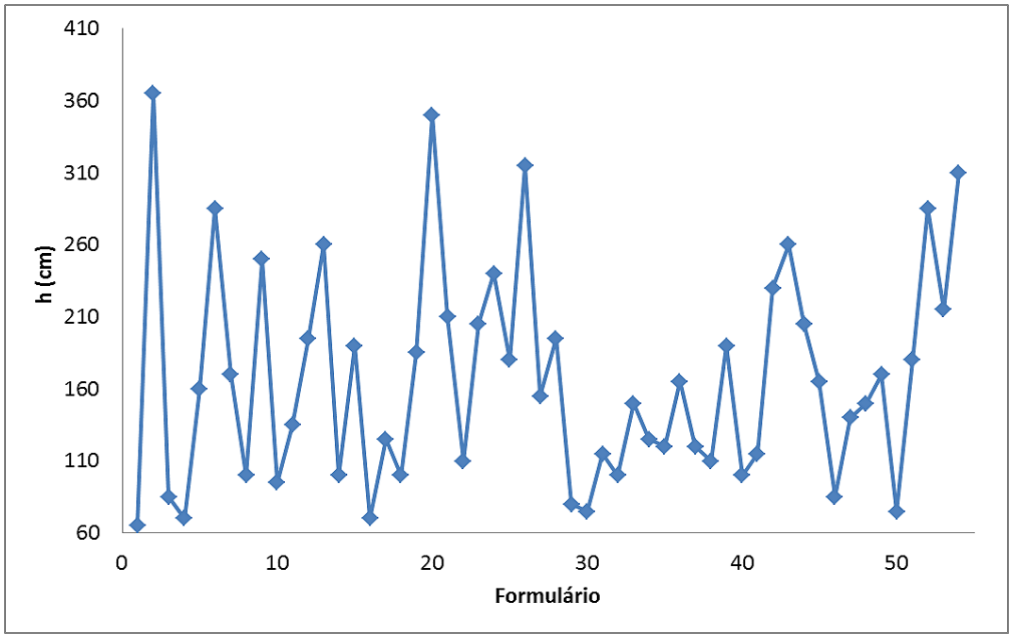
Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre as 71 propriedades visitadas, 59 delas (Apêndice B) ofereciam condições topográficas favoráveis à utilização do carneiro hidráulico à primeira vista, ou seja, em 16,9% delas a fonte de água encontrava-se no ponto mais baixo do terreno ou este era plano e com pouca declividade. Esse pré-diagnóstico permitiu racionalizar a coleta de dados visto que a existência

do desnível entre a fonte de água e o ponto de instalação do equipamento é critério indispensável para a utilização do mesmo. Assim, tem-se que, inicialmente, seria possível a utilização do aríete em no máximo 83,1% das propriedades, valor que será ajustado a depender dos demais critérios presentes no formulário.

Os valores válidos da altura de queda entre a fonte e o ponto visivelmente mais baixo do terreno variaram de 65 cm a 3,65 m (Figura 33), fazendo-se necessário esclarecer que tais valores podem variar em função de erros quanto ao manuseio da mangueira de nível (na leitura ou em função da presença de bolhas de ar em seu interior, principalmente), bem como da possibilidade de outro ponto mais baixo no terreno cuja localização não foi evidente na visita. Ainda, como nenhum desnível foi superior a 4,20 m, será considerada no projeto a tubulação de suprimento em PVC conforme definido anteriormente.

Figura 33 – Valores de altura de queda para cada propriedade analisada.

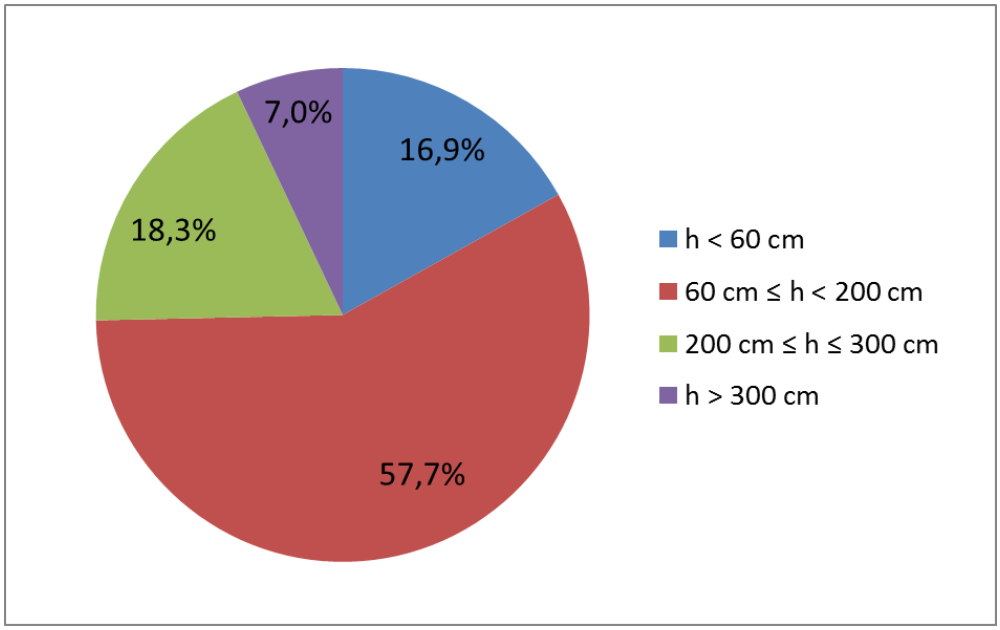


Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto aos intervalos definidos para agrupar os valores da altura de queda, percebe-se que a maioria dos desníveis encontrava-se entre 60 e 200 cm (Figura 34), sendo o valor médio de todas as medidas coletadas em campo igual a 1,67 m. Verifica-se ainda que em apenas 7,0% das propriedades o desnível foi superior a 3,0 m, situação que forneceria ao carneiro uma alta potência e, consequentemente, maior altura de elevação da água bombeada.

Os valores válidos referentes ao comprimento aproximado entre a fonte e o provável local de instalação do carneiro, ou seja, a distância correspondente à tubulação de alimentação do sistema, variaram de 11 a 63 m como pode ser visto através da Figura 35. Salienta-se que as medidas foram aproximadas em função de possíveis desvios resultantes de obstáculos pre-

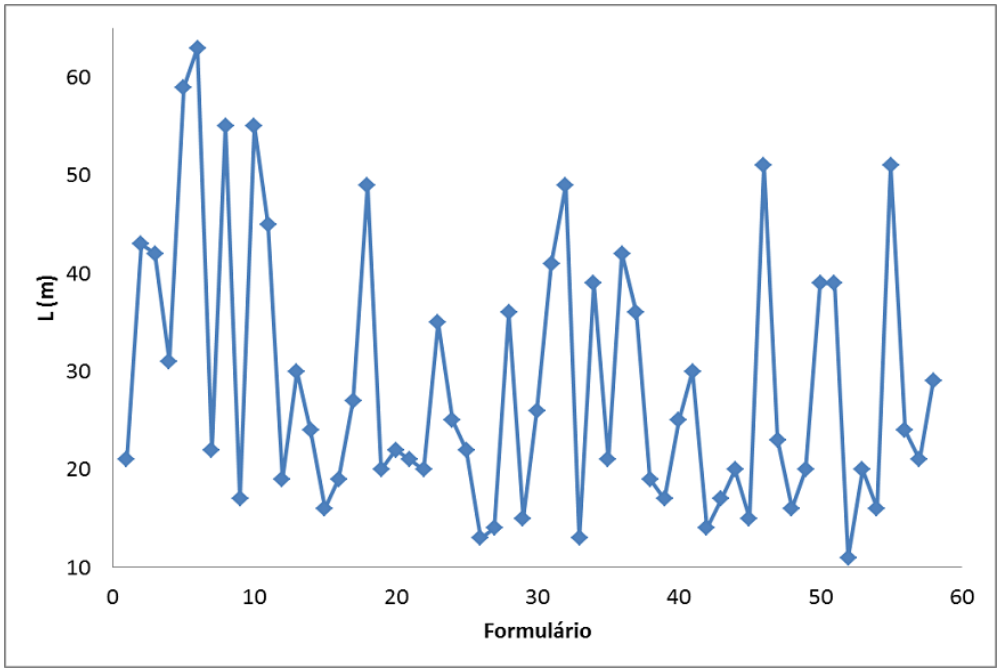
Figura 34 – Diferença de cota entre a fonte e o local de instalação do carneiro hidráulico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

sentes em campo (vegetação e pedras), além da flexibilidade da trena e atuação dos ventos que dificultaram o alinhamento da fita métrica.

Figura 35 – Comprimento horizontal entre a fonte e o local de instalação do aríete hidráulico.

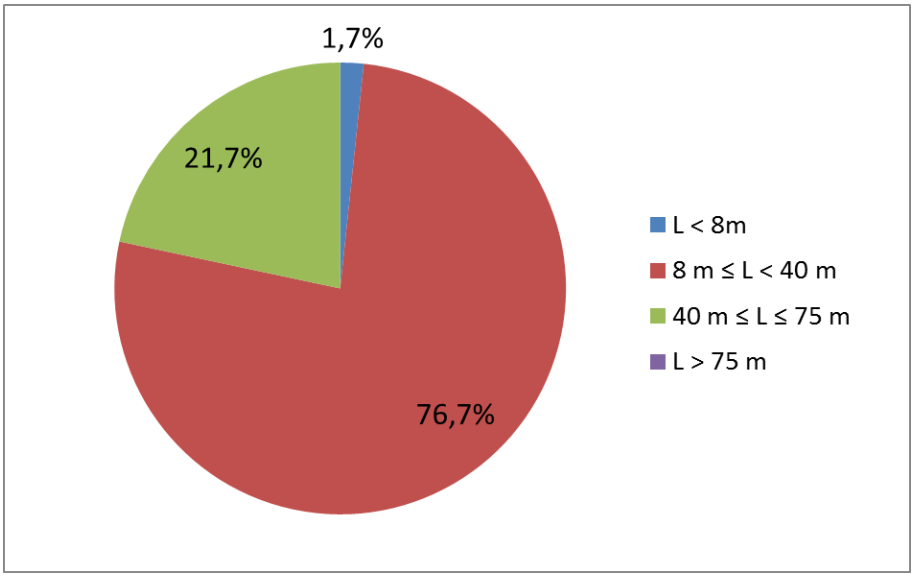


Fonte: Elaborado pelo autor.

Apenas um dos valores referentes ao comprimento de tubulação a montante do aríete não se encontrou entre os limites adotados de 8 e 75 m, sendo esse inferior ao valor mínimo

escolhido (Figura 36). Já a maioria desses comprimentos, isto é, 76,7% deles, encontrou-se entre 8 e 40 m, sendo o valor médio de todas as medidas coletadas em campo igual a 28,7 metros.

Figura 36 – Comprimento aproximado da tubulação de alimentação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

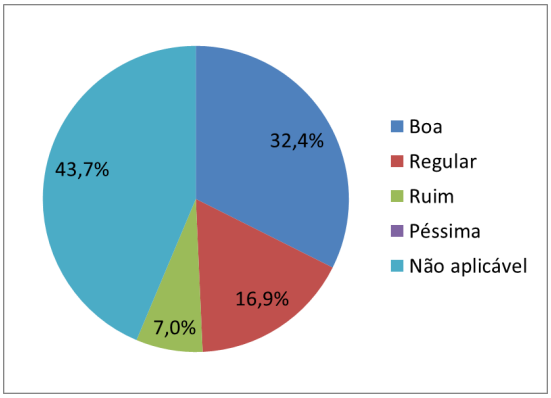
Em função das pequenas e médias declividades encontradas em campo e consequente dificuldade de obtenção de uma altura de queda suficiente ao funcionamento da bomba, em muitos casos foi necessário definir um comprimento para a tubulação de alimentação relativamente extenso. Esse problema é contornado adotando-se a recomendação proposta por Dacach (1981), isto é, intercalando-se um barril entre a fonte e o aparelho, sendo indicada ainda a utilização de um diâmetro maior para a tubulação que abastece o recipiente proposto em relação aos tubos que chegam ao carneiro. Nesse caso, o barril funcionaria como uma fonte de suprimento.

A qualidade da água na fonte de abastecimento é um critério importante quanto ao correto funcionamento do carneiro hidráulico, bem como fator determinante do período de manutenção do equipamento. Em função da prolongada estiagem que atinge o município de Itabaiana, em 31 das 71 propriedades visitadas, ou seja, 43,7% do total (Figura 37a), não foi possível avaliar a qualidade da água nas respectivas fontes (ou estavam completamente secas ou com um volume de água insuficiente para análise).

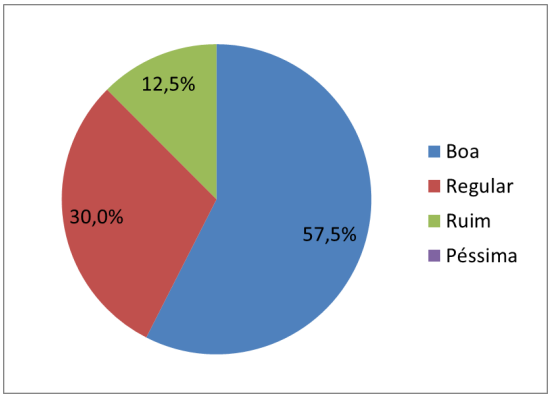
Considerando-se apenas as fontes nas quais foi possível avaliar visualmente a qualidade da água, nota-se pela Figura 37b que em 57,5% delas aquela podia ser descrita como boa, ou seja, límpida, situação ideal para a instalação do aparelho. Por outro lado, 30,0% das fontes tiveram a qualidade de suas águas avaliada como regular e 12,5% como ruim. Ao mesmo tempo, em nenhuma delas notou-se a presença de resíduos sólidos que comprometeria severamente a qualidade e possibilidade de uso das águas para fins de consumo (humano e dessedentação) ou agrícola.

Figura 37 – Qualidade da água nas fontes.

(a) Amostra total.



(b) Amostra válida.



Fonte: Elaborado pelo autor.

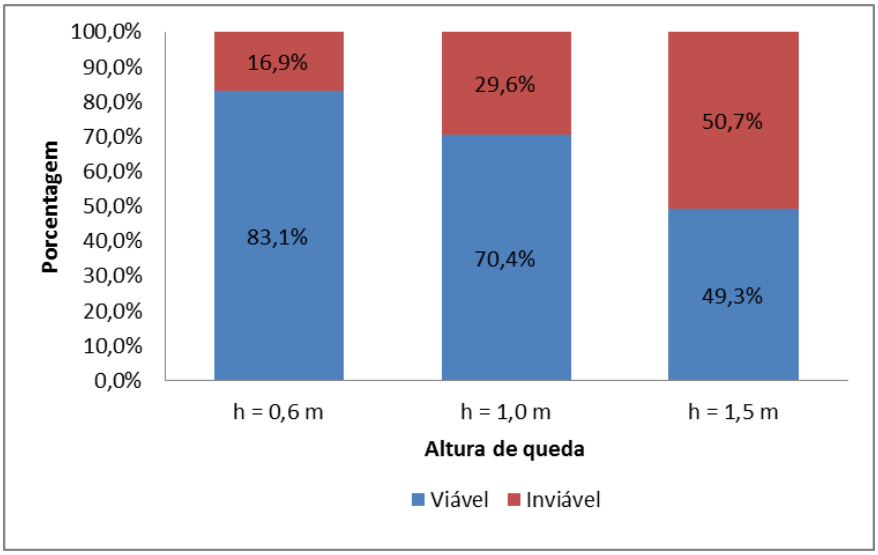
Ameniza-se a influência das partículas sólidas em suspensão no funcionamento do carneiro por meio da instalação de caixas de areia (na mesma cota da fonte ou substituindo o barril como elemento intermediário entre a reserva de água e o equipamento) e através da utilização de crivo na extremidade de montante da tubulação de suprimento situada a, no mínimo, 30 cm abaixo do nível da água e a 15 cm acima do fundo da fonte conforme recomendação de Dacach (1981). Assim, para o presente estudo, a qualidade da água nas fontes analisadas não foi fator limitante e não restringiu a utilização da bomba em nenhum dos sítios visitados, fazendo-se necessário reiterar a importância da utilização dos dispositivos citados anteriormente, especialmente naqueles em que a qualidade da água é descrita como regular ou ruim.

Apenas duas das propriedades visitadas posuíam um reservatório elevado instalado (Apêndice B), sendo os valores de altura daquele iguais a 7 e 8 metros. Assim, em ambos os casos, as alturas corespondentes encontravam-se no intervalo entre 5 e 10 metros, ou seja, com elevado potencial de uso em caso da possibilidade de instalação do aríete nos sítios.

A análise técnica foi realizada utilizando-se como base todos os parâmetros analisados até então, sendo a altura de queda o fator limitante quanto à viabilidade de instalação do carneiro hidráulico nas propriedades visitadas. Assim, tal mensuração foi promovida mediante a análise de três valores de desnível entre a fonte de água e o provável local de instalação do equipamento: 60, 100 e 150 cm, sendo possível observar a viabilidade ou não de cada propriedade e para cada uma dessas alturas por meio das Questões 7A, 7B e 7C, respectivamente, cujas respostas estão dispostas no Apêndice B.

Utilizando-se como altura de queda mínima o valor de 60 cm, observou-se que seria possível a instalação do Carneiro Hidráulico em 59 das 71 propriedades, ou seja, 83,1% de todos os sítios (Figura 38). Para o desnível de 1,0 metro, seria viável a utilização do equipamento em 50 delas, isto é, 70,4 % do total. Já para o valor de 1,5 metro, a viabilidade seria reduzida para 49,3%, ou seja, 35 das 71 propriedades visitadas.

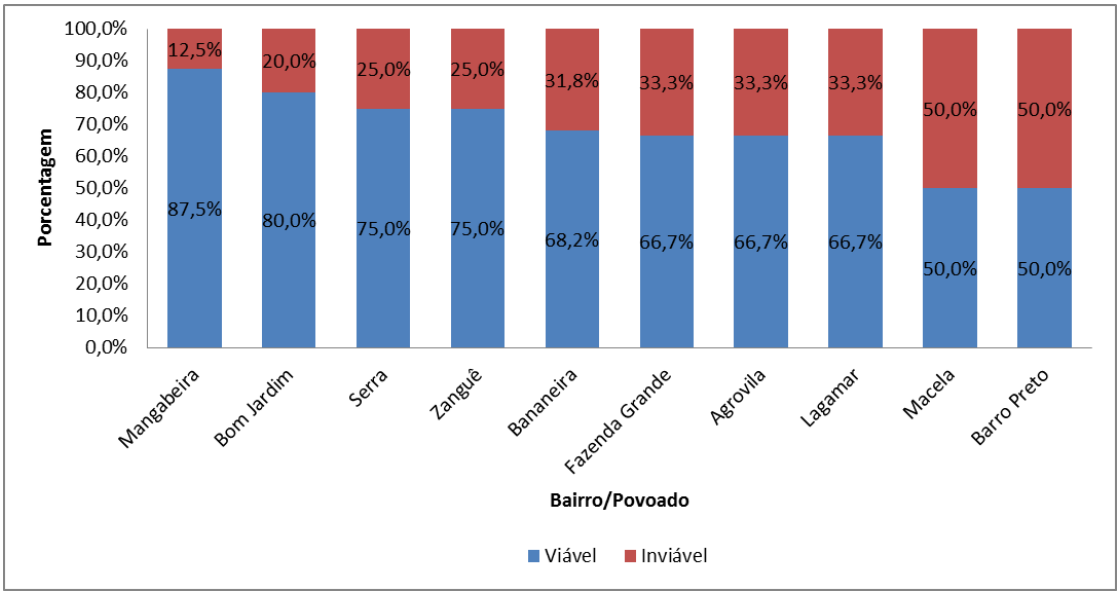
Figura 38 – Viabilidade técnica quanto à utilização do Carneiro Hidráulico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como se optou pela utilização do modelo de carneiro hidráulico alternativo desenvolvido pela EPAGRI cujo valor mínimo recomendado para a altura de queda é igual a 1,0 metro, tem-se que o projeto em questão seria viável tecnicamente em 70,4% do total de propriedades visitadas. Obteve-se também a exequibilidade do projeto por bairro ou povoado (Figura 39), tendo os povoados Mangabeira e Bom Jardim, respectivamente, os maiores percentuais de sucesso quanto ao cumprimento dos requisitos mínimos necessários à implantação do sistema.

Figura 39 – Viabilidade técnica por bairro ou povoado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como raramente são encontradas condições topográficas favoráveis à utilização do equi-

pamento (DACACH, 1981), o resultado obtido foi satisfatório e fomenta o potencial de utilização da bomba nas propriedades do município, sendo necessário realizar o estudo econômico a fim de complementar essa análise.

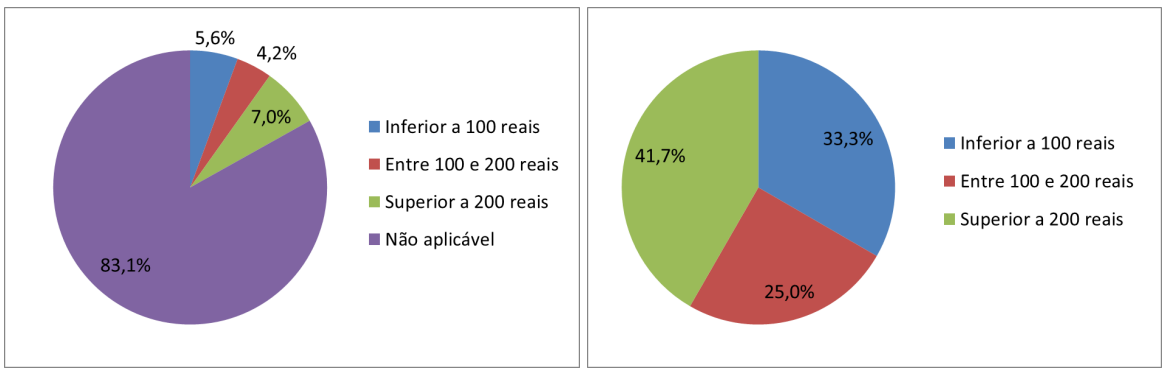
Finalizada a análise técnica referente à primeira parte do formulário, a segunda seção teve como maior empecilho o fato de nem sempre os proprietários estarem nos sítios no momento da visita. Assim, em apenas 38 propriedades (Apêndice B), isto é, 53,5% do total, o agricultor pôde auxiliar quanto ao fornecimento de informações necessárias ao preenchimento das últimas perguntas.

Quanto à utilização de equipamentos para bombeamento de água, na maioria das propriedades não havia utilização desses dispositivos – 44 delas, representando 62% do total (Apêndice B). O reduzido emprego desses equipamentos sinaliza que há um potencial não aproveitado quanto ao bombeamento das águas disponíveis nas fontes, podendo o carneiro hidráulico cumprir essa função. Ainda, todos os equipamentos utilizados foram classificados como turbo-bombas (Apêndice B), requerendo para seu funcionamento energia elétrica ou combustível que implica custos consideráveis aos agricultores.

Do total de propriedades visitadas, em 83,1% delas (Figura 40a) não foi possível mensurar o custo mensal de energia elétrica referente ao funcionamento da bomba utilizada. Tal fato decorreu da não utilização desses equipamentos no sítio, da ausência do proprietário quando havia uma turbo-bomba instalada ou por não haver separação do custo relativo apenas ao funcionamento da bomba, ou seja, havia apenas uma conta de energia para todos os consumos da propriedade. Dos 12 sítios em que se pôde mensurar esse custo, em 33,3% deles (Figura 40b) o valor foi inferior a 100 reais e em 25,0% daqueles a despesa mensal ficava no intervalo de 100 a 200 reais. Já em 41,7% das propriedades visitadas o gasto era superior a 200 reais, situação na qual a utilização de turbo-bombas representava um peso considerável no total das despesas mensais dos produtores agrícolas.

Figura 40 – Custo mensal da energia elétrica relativo à bomba utilizada na propriedade.

(a) Amostra total. (b) Amostra válida.



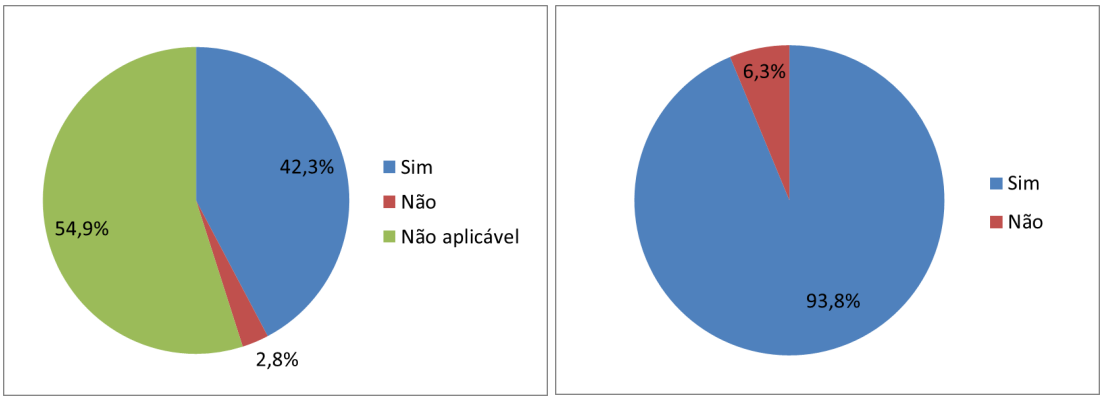
Fonte: Elaborado pelo autor.

Em 39 das 71 propriedades, isto é, 54,9% do total (Figura 41a), não foi possível avaliar a receptibilidade dos proprietários quanto à possibilidade de uso do carneiro hidráulico em suas propriedades. Isso decorreu da ausência dos mesmos ou da recusa do entrevistado em responder a última pergunta do formulário mesmo após esclarecimentos quanto ao propósito da pesquisa e à identificação do pesquisador (alguns proprietários receavam que o projeto tratava-se de uma ação de alguma empresa visando a venda do equipamento em estudo ou que a visita era produto de alguma ação do governo).

Para as 32 propriedades em que foi possível diagnosticar a aceitabilidade do uso do equipamento, 93,8% dos proprietários reagiram de forma positiva à possibilidade de utilização do carneiro hidráulico (Figura 41b), fosse em substituição a outro dispositivo já em uso ou como uma ferramenta para promover o bombeamento outrora não realizado. Assim, a receptibilidade por parte dos agricultores foi boa e esse aspecto poderia ser determinante quanto à concretização do projeto tendo os gestores públicos como executores do mesmo.

Figura 41 – Aceitação dos proprietários quanto ao uso do aparelho.

(a) Amostra total. (b) Amostra válida.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Possibilidades de uso para a água não bombeada

O fato do carneiro hidráulico não bombear toda a água que chega ao mesmo é considerado um dos aspectos mais limitantes quanto à escolha do equipamento como alternativa de bombeamento. Diante desse quadro, fez-se necessário identificar nas propriedades visitadas, ainda na coleta de dados, condições que permitissem o aproveitamento do líquido que antes seria desperdiçado.

Como uma das principais finalidades da utilização do aríete hidráulico diz respeito à irrigação, notou-se em algumas propriedades a possibilidade de direcionar a água não bombeada proveniente do equipamento diretamente para as fileiras entre as plantações (Figura 42). Para que isso fosse viável, seria necessário avaliar a direção de escoamento no terreno e se seria

possível aproveitar a declividade natural para esse fim. Em caso de não ser exequível, poderia ser criada uma linha de cultura de tal forma que fossem aproveitadas as condições locais.

Figura 42 – Possibilidades de uso das águas não bombeadas para plantações já existentes.

(a) Estaca indica o local de instalação do aríete.

(b) Visão panorâmica do cultivo.

(c) Carneiro instalado exteriormente ao cultivo.

(d) Equipamento instalado entre duas plantações.

(e) Água direcionada para cultivo à esquerda ou abaixo do local de instalação do equipamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi possível observar durante as visitas que é corriqueira a combinação das atividades agrícolas e pecuárias em muitas propriedades (Figuras 43a, 43b e 43c). Assim, outra opção vislumbrada em campo foi a utilização dessas águas para dessedentação de animais. Por conseguinte, a água não bombeada seria direcionada a um cocho ou a alguma cavidade no terreno

(Figura 43d) desde que garantida a estanqueidade do conjunto (para isso, poderia ser utilizada uma manta de impermeabilização, por exemplo).

Figura 43 – Possibilidades de uso das águas não bombeadas para dessedentação dos animais.

(a) Criação de gado em um dos sítios visitados.

(b) Curral adjacente à locação do carneiro.

(c) Gado em meio ao pasto.

(d) Cavidade próxima à estaca.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sendo o carneiro hidráulico instalado nos pontos mais baixos do terreno, é comum que ele se situe próximo a outras fontes de água visto que a topografia local direciona as precipitações para tais locais. Assim, outra possibilidade de aproveitamento das águas que seriam desperdiçadas seria o encaminhamento delas para córregos (Figuras 44a, 44b e 44f) ou outros lagos que, na maioria dos casos, funcionam como reservatório complementar para armazenar águas resultantes do extravasamento da fonte principal da propriedade (Figuras 44c, 44d, 44e e 44f).

Não sendo possível enquadrar certa propriedade em uma das soluções propostas, a água não bombeada irá infiltrar no solo e abastecer os lençóis freáticos ou retornar ao ciclo hidrológico por meio da evaporação, ou seja, por mais que não haja o aproveitamento para outra atividade, aquela retornará para a natureza.

Figura 44 – Direcionamento das águas não bombeadas para outras fontes de água.

(a) Córrego passando pelo terreno.

(b) Córrego à direita da cerca.

(c) Fonte abaixo daquela em estudo.

(d) Reservatório auxiliar ao principal.

(e) Fonte logo abaixo do ponto de instalação.

(f) Pequena fonte e córrego à esquerda.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, reafirma-se a necessidade da compatibilização entre a qualidade da água e seu posterior uso, pois no presente estudo não foram realizados testes qualitativos quanto a esse aspecto.

4.4 Análise econômica

Complementarmente à análise técnica, esse estudo permitirá verificar a viabilidade final do sistema proposto. Visando atingir esse objetivo, serão mensurados os custos de implantação do mesmo bem como os critérios adotados previamente.

4.4.1 Custos de instalação do sistema

A fim de determinar os parâmetros que avaliarão a exequibilidade ou não do projeto, fez-se necessário inicialmente calcular os custos relativos à instalação do carneiro hidráulico em cada propriedade e nos respectivos cenários em que se enquadre (Apêndice C).

Para cada cenário analisado existe um custo comum a todas as propriedades. Assim, para aquelas que se enquadram no cenário A ou D esse valor mínimo está representado pelo preço do carneiro, ou seja, R$ 158,24, enquanto que no B equivale a R$ 3108,24 (valor referente ao carneiro, estrutura de suporte, fundação, frete e reservatório) e no C a R$ 1058,24 (preço do carneiro e do reservatório). Dessa forma, a diferença de custo entre cada propriedade em um determinado cenário refere-se à despesa da tubulação de alimentação, parâmetro que variou de R$ 63,25 a R$ 362,25 (Apêndice C).

Das 50 propriedades em que foi tecnicamente viável a instalação do aparelho em estudo, apenas duas delas possuíam um reservatório elevado (F32 e F48 conforme o Apêndice C). Assim, foi possível mensurar apenas dois custos relativos ao cenário A: R$ 232,99 e R$ 301,99, sendo seu valor médio igual a R$ 267,49 (Figura 45).

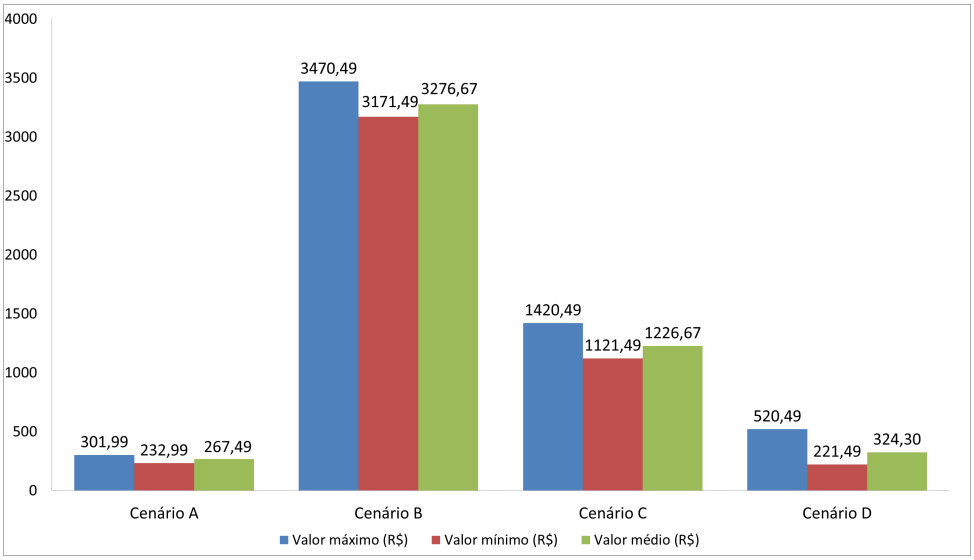
Para os cenários B e C estimou-se o custo de instalação em 48 das 50 propriedades, excluindo aquelas que pertencem ao cenário A. O primeiro deles é caracterizado como aquele em que se requer um maior capital de investimento para a implantação do projeto, sendo que esse valor varia de R$ 3171,49 a R$ 3470,49 e o custo médio é igual a R$ 3276,67 por propriedade (Figura 45). Já para o cenário C a despesa oscila de R$ 1121,49 a R$ 1420,49, sendo seu custo médio igual a R$ 1226,67 (Figura 45).

Por fim, foram consideradas no cenário D todas as 50 propriedades, visto que utilizar a água diretamente para a irrigação seria uma opção mesmo para aquelas em que já existe um reservatório elevado. Para esse caso, o custo de instalação do sistema variou de R$ 221,49 a R$ 520,49, sendo a despesa média igual a R$ 324,30 (Figura 45). Ainda, sendo executado pela gestão municipal, o custo direto de implantação do projeto variaria de R$ 157815,00 (considerando os cenários A e B) a R$ 16215,00 para o D (Apêndice C).

É perceptível através da Figura 45 a discrepância de valores entre o cenário B e os outros três, sendo esse fato decorrente do elevado preço relativo à estrutura de suporte. Ainda, o cenário A seria aquele cuja implantação resultaria em menores custos aos proprietários (R$ 267,49 em média), sendo observado que o menor valor de implantação em uma propriedade ter ocorrido

no cenário D, R$ 221,49 (Figura 45). Esse fato decorre do elevado número de propriedades consideradas no último caso, configuração que permite conceber aquela na qual se tem o menor custo relativo à tubulação de suprimento.

Figura 45 – Custo de implantação do carneiro por cenário.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4.2 Período de retorno

Foram mensuradas por meio desse parâmetro as propriedades nas quais havia a utilização de equipamento para bombear água quando da pesquisa de campo. Assim, das 50 propriedades viáveis tecnicamente, 20 delas enquadram-se no Grupo 1 (Seção 3.5.2.1)

Para aquelas em que foi possível obter o custo mensal de energia elétrica relativo ao uso da bomba, foi calculado apenas um período de retorno utilizando-se como despesa mensal o valor definido para o intervalo característico. Por exemplo, no formulário F2 esse custo encontrava-se entre 100 e 200 reais (Apêndice B), sendo adotado o valor de 150 reais (I2) e calculado o período de retorno em meses característico desse intervalo (Tabela 11). Os itens I1 e I3 estão relacionados ao intervalo inferior a 100 reais e superior a 200 reais, respectivamente, sendo calculados os períodos de retorno para cada propriedade pela divisão do custo de implantação do sistema nos respectivos cenários (Apêndice C) pelos valores de 75 e 250 reais. Para os 10 sítios do grupo 1 em que não foi possível definir o custo mensal de energia, foram calculados os 3 períodos de retorno para os mesmos (Tabela 11).

Pode-se observar pela Tabela 11 que, para cada cenário analisado, os maiores períodos de retorno correspondem ao I1, pois para esse item é considerado como despesa o menor valor determinado para a energia elétrica (R$ 75,00). Ainda, o cenário B é aquele cujo tempo médio de retorno do investimento é o maior (aproximadamente 26 meses), enquanto o D possui o menor período de retorno médio, sendo este inferior a 3 meses.

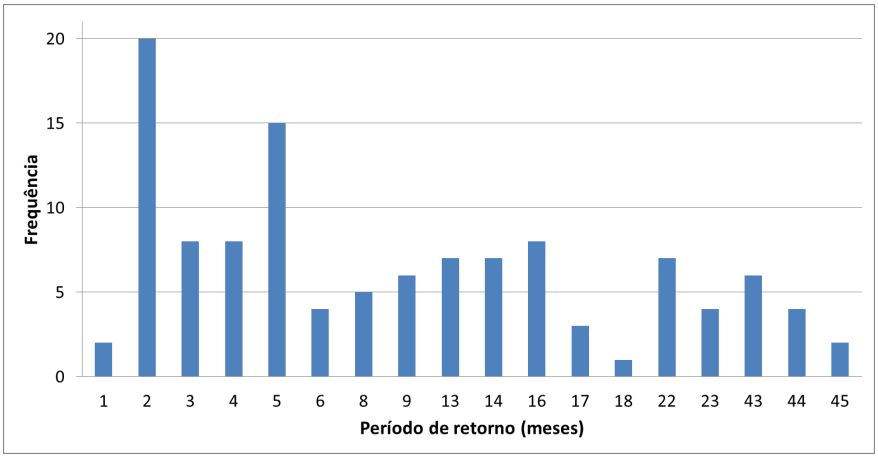
Tabela 11 – Período de retorno em meses.

	Cenário A			Cenário B			Cenário C			Cenário D		
Formulário	I1	I2	I3	I1	I2	I3	I1	I2	I3	I1	I2	I3
F2					23			9			3	
F10						14			6			2
F11						13			5			2
F15						14			5			2
F16						14			5			2
F18				43	22	13	16	8	5	4	2	2
F19				43	22	13	16	8	5	4	2	2
F27						13			5			2
F30				44	22	14	17	9	5	5	3	2
F31				44			16			4		
F33				43	22	13	16	8	5	4	2	1
F35				45	23	14	17	9	6	5	3	2
F39					23			9			3	
F46				43			16			4		
F48	5	3	2							3	2	1
F49				44	22	14	17	9	5	5	3	2
F50				43			16			4		
F62				45	23	14	18	9	6	6	3	2
F65				43	22	13	16	8	5	4	2	2
F70				44	22	13	16	8	5	4	2	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados dispostos na Tabela 11 foram organizados em um gráfico (Figura 46) no qual é possível observar que o período de retorno variou de 1 mês a 45 meses, ou seja, o tempo máximo a partir do qual a substituição da bomba centrífuga pelo Carneiro seria vantajosa é inferior a 4 anos, valor bem abaixo dos 30 anos de horizonte de projeto considerados para essa análise.

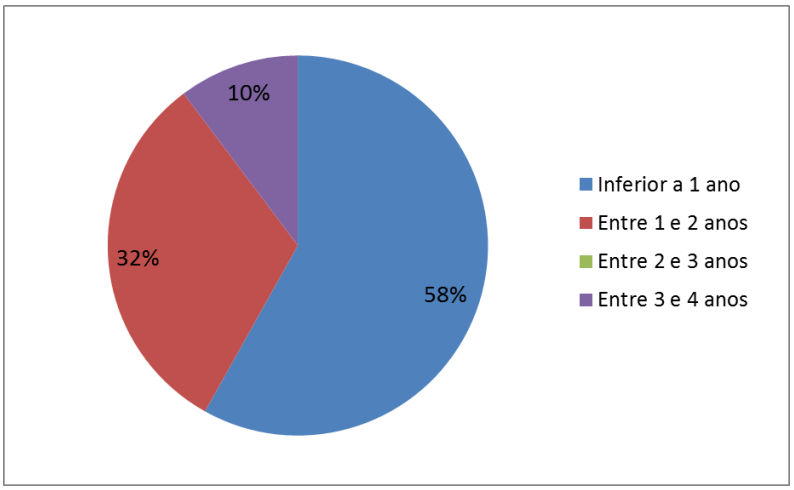
Figura 46 – Frequência do período de retorno pra cada mês válido.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda, pode-se inferir por meio da Tabela 8 que 68 dos 117 períodos de retorno calculados foram inferiores a 1 ano, ou seja, aproximadamente 58% do total (Figura 47), enquanto 37 deles, isto é, cerca de 32% da totalidade (Figura 47) encontravam-se no intervalo de 1 a 2 anos. Os 12 tempos restantes situavam-se entre 3 e 4 anos, totalizando os 10% restantes (Figura 47). Dessa forma, a opção pelo carneiro frente a uma bomba centrífuga já instalada representa uma opção vantajosa, partindo do pressuposto que ambas fornecem a vazão requerida pela atividade final.

Figura 47 – Períodos de retorno para propriedades do grupo 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4.3 Receita mínima anual

Foram analisadas por meio desse parâmetro as propriedades nas quais não havia a utilização de equipamento para bombear água quando da pesquisa de campo, ou seja, as 30 propriedades restantes correspondentes ao grupo 2. Essas tiveram sua viabilidade avaliada por meio da obtenção da receita mínima exigida para que a instalação do carneiro hidráulico fosse lucrativa (Figura 30a), comparando esse resultado àquela requerida pela conjuntura em que é optada pelo uso da bomba centrífuga (Figura 30b). Assim, esse estudo quantificará o impacto do consumo de energia elétrica e dos custos de implantação para os horizontes de 5 e 10 anos quanto à utilização de um dos dois sistemas mencionados.

Selecionadas as propriedades integrantes desse grupo (Apêndice B) e os custos de implantação do carneiro nas mesmas (Apêndice C), o benefício mínimo anual a partir do qual a utilização do sistema seria lucrativa foi obtido pela divisão das correspondentes despesas pelos horizontes de 5 e 10 anos (Tabela 12). Para o primeiro tempo, a renda mínima anual variou de R$ 22,15 a R$ 347,05 aproximadamente (Tabela 12), enquanto que para 10 anos oscilou de R$ 44,30 a R$ 694,10 (Tabela 12). Assim, ao final de ambos os períodos, a atividade a que se destinariam as águas bombeadas deveria resultar em uma receita de, no mínimo, R$ 221,49 a R$ 3470,49 (Apêndice C) a fim de que a utilização desse sistema fosse economicamente viável.

Tabela 12 – Receitas mínimas anuais (R$) para exequibilidade de implantação do carneiro.

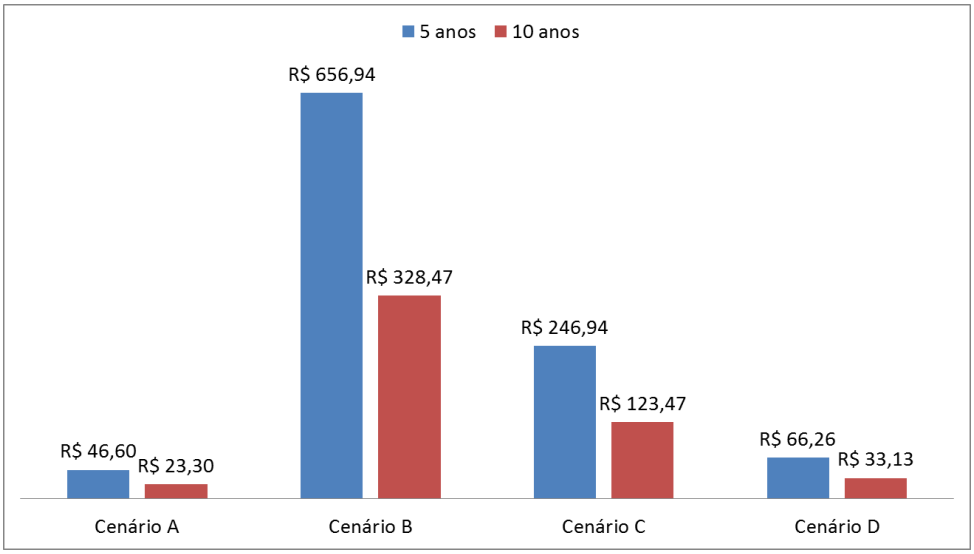
	Horizonte de 5 anos				Horizonte de 10 anos			
Formulário	Cenário A	Cenário B	Cenário C	Cenário D	Cenário A	Cenário B	Cenário C	Cenário D
F6		689,50	279,50	99,50		344,75	139,75	49,75
F7		694,10	284,10	104,10		347,05	142,05	52,05
F9		646,95	236,95	56,95		323,47	118,47	28,47
F12		684,90	274,90	94,90		342,45	137,45	47,45
F13		673,40	263,40	83,40		336,70	131,70	41,70
F14		643,50	233,50	53,70		321,75	116,75	26,75
F20		652,70	242,70	62,70		326,35	121,35	31,35
F21		678,00	268,00	88,00		339,00	134,00	44,00
F22		644,65	234,65	54,65		322,32	117,32	27,32
F24		645,80	235,80	55,80		322,90	117,90	27,90
F28		661,90	251,90	71,90		330,95	125,95	35,95
F32	46,60			46,60	23,30			23,30
F36		638,90	228,90	48,90		319,45	114,45	24,45
F37		651,55	241,55	61,55		325,77	120,77	30,77
F38		668,80	258,80	78,80		334,40	129,40	39,40
F43		645,80	235,80	55,80		322,90	117,90	27,90
F44		669,25	259,95	79,95		334,97	129,97	39,97
F45		663,05	253,05	73,05		331,52	126,52	36,52
F47		641,20	231,20	51,20		320,60	115,60	25,60
F51		641,20	231,20	51,20		320,60	115,60	25,60
F52		644,45	234,65	54,65		322,32	117,32	27,32
F55		638,90	228,90	48,90		319,45	114,45	24,45
F56		680,30	270,30	90,30		340,15	135,15	45,15
F58		648,10	238,10	58,10		324,05	119,05	29,05
F59		640,05	230,05	50,05		320,02	115,02	25,02
F60		644,65	234,65	54,65		322,32	117,32	27,32
F63		634,30	224,30	44,30		317,15	112,15	22,15
F67		680,30	270,30	90,30		340,15	135,15	45,15
F69		649,25	239,25	59,25		324,62	119,62	29,62
F71		655,00	245,00	65,00		327,50	122,50	32,50

Fonte: Elaborado pelo autor.

Consoante ao que foi descrito anteriormente (Figura 45), o cenário B foi aquele em que seria exigida a maior renda ao final dos horizontes considerados (Figura 48). Ao mesmo tempo, o cenário A representou o que requereria menor quantia (Figura 48).

Para a conjuntura em que se utilizaria a bomba centrífuga, o benefício mínimo anual foi obtido pela soma do preço da bomba adotada (R$ 175) e do custo relativo à energia elétrica (I1, I2 e I3 correspondentes aos custos mensais de 75, 150 e 250 reais), sendo o valor resultante dividido pelos horizontes adotados. A renda mínima anual variou de R$ 935,00 a R$ 3035,00 para o período de 5 anos (Figura 49), totalizando R$ 4675,00, R$ 9175,00 e R$ 15175,00 para I1, I2 e I3, respectivamente, ao final do intervalo de tempo considerado. Já para o horizonte

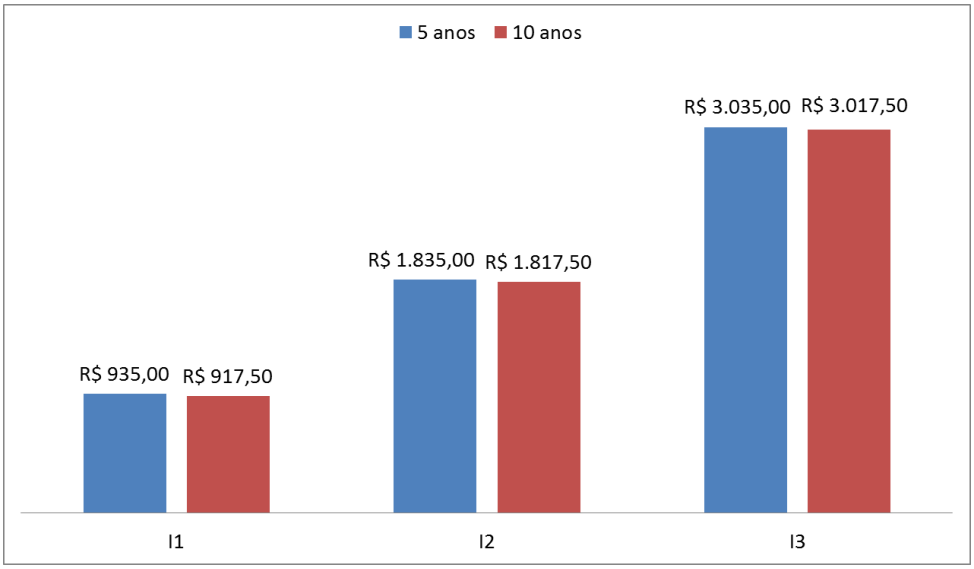
Figura 48 – Receitas médias para cada cenário em que haveria uso do Carneiro.



Fonte: Elaborado pelo autor.

de 10 anos, o parâmetro analisado variou de R$ 917,50 a R$ 3017,50 (Figura 49), requerendo uma renda de R$ 9175,00, R$ 18175,00 e R$ 30175,00 ao final do mesmo intervalo citado anteriormente.

Figura 49 – Receitas médias por intervalo quando do uso de bomba centrífuga.



Fonte: Elaborado pelo autor.

É perceptível pela comparação entre as Figuras 48 e 49 que, para um mesmo critério (seja ele o custo relativo a cada cenário adotado para o aríete ou à energia mensal para a bomba convencional), houve variação considerável dos valores de receita mínima exigível para o primeiro caso (redução de 50% entre os dois horizontes considerados), enquanto que para o segundo aquela se manteve praticamente a mesma (redução de 1,91%, 0,96% e 0,58%, respec-

tivamente).

Isso decorre do fato de que a utilização do carneiro hidráulico praticamente não gera custos adicionais durante sua vida útil, sendo esse benefício mínimo anual função apenas da despesa resultante da instalação do sistema. Já para a bomba centrífuga, sempre haveria o custo mensal relativo à energia elétrica, havendo apenas a redução do valor relativo ao preço do equipamento por ano quando considerados horizontes mais longos. No presente estudo foi desconsiderado o custo de manutenção dos aparelhos, sendo essa rara e ocasionada principalmente pela necessidade de troca de alguma das peças com defeito para o caso do carneiro (PEDRÃO, 2017).

Ainda, mesmo para a propriedade em que o custo de implantação do aríete é o mais elevado (R$ 3470,49), a opção por esse sistema seria mais vantajosa economicamente do que o relativo à bomba centrífuga, pois a menor receita exigida pra essa conjuntura ao final de 5 anos seria igual a R$ 4675,00 (situação mais favorável), valor superior ao citado inicialmente. Assim, mesmo diante da necessidade de se colocar dois ou mais carneiros associados (seja em série ou paralelo), esse fato não consistiria em um peso considerável quanto aos custos de implantação do sistema e a exequibilidade do projeto não seria comprometida.

Finalizada a análise econômica, seus dados complementam a análise técnica e fica ainda mais nítido o quão vantajosa seria a utilização do carneiro hidráulico adotado, fosse em substituição a sistemas convencionais de bombeamentos ou como uma alternativa mais econômica quando comparada a bombas centrífugas. Assim, o sucesso de implantação do equipamento está atrelado à divulgação do mesmo aos proprietários rurais bem como ao apoio dos gestores públicos.

4.5 Carneiro Hidráulico: Tecnologia Social e divulgação

Tecnologia Social envolve produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis configurando alternativas de transformação social nas comunidades em que são aplicadas (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2017). Por representar uma solução inovadora e diante dos benefícios advindos da utilização do carneiro hidráulico nas propriedades rurais em todo o território nacional, o aparelho desenvolvido pela EPAGRI foi certificado como Tecnologia Social pela Fundação Banco do Brasil em 2013, reconhecimento que intensificou a divulgação do mesmo no Brasil e em outros países (EPAGRI, 2015b).

Como uma das possibilidades de implantação do presente projeto seria através da participação de uma das três esferas do Governo (particularmente da gestão municipal), o fato do aríete ser certificado como Tecnologia Social poderia ser utilizado como meio de se obterem juros mais baixos de financiamento. Caso a iniciativa seja individual, o agricultor pode buscar linhas de crédito especiais que ofereçam taxas de juros mais baixas tal qual o Pronaf, Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar.

Por fim, ressalta-se a importância da divulgação do carneiro hidráulico. Apesar das inúmeras vantagens de sua utilização, verificou-se o desconhecimento da existência desse aparelho por grande parte dos proprietários rurais quando da coleta de dados. Assim, apenas três deles já tinham ouvido algo acerca do equipamento, sendo essas informações obtidas por meio de reportagens divulgadas em programas de TV.

A fim de reverter esse quadro, a utilização do aparelho em questão poderia ser ampliada pela divulgação do mesmo quando da realização da Feira do Agricultor (celebração do aniversário da cidade), evento que reúne os agricultores não apenas de Itabaiana, mas também de todo o agreste sergipano. Ainda, poderiam ser promovidas palestras e oficinas a serem ministradas pelo quadro técnico da Prefeitura visando orientar os proprietários rurais quanto à instalação do equipamento.

Conclusão

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a análise do potencial de utilização do carneiro hidráulico nas propriedades rurais de Itabaiana, utilizando para isso critérios técnicos e econômicos cujos resultados foram obtidos utilizando-se como dados as informações colhidas na pesquisa de campo. Além disso, a partir dos diversos cenários vislumbrados nos sítios, foi possível indicar os principais fatores limitantes quanto à instalação desse sistema e sugerir possibilidades de uso para as águas não bombeadas pelo aparelho, um dos maiores obstáculos quanto à escolha do mesmo como equipamento de bombeamento.

Sendo um dos maiores municípios em extensão territorial do estado de Sergipe, fez-se necessário delimitar a área de estudo. Assim, utilizando as informações encontradas na literatura e conhecimentos prévios, definiram-se 10 bairros ou povoados nos quais foram realizadas as pesquisas de campo: bairros Bananeira e Macela, povoados Agrovila, Zanguê, Barro Preto, Bom Jardim, Serra, Lagamar, Fazenda Grande e Mangabeira.

O tamanho da amostra foi calculado utilizando como população o total de propriedades rurais com irrigação no município igual a 1030 sítios e fixando uma margem de erro de 10% e nível de confiança de 90%. Assim, a unidade amostral mínima obtida foi igual a 64 sítios.

Levantadas as informações acerca do carneiro hidráulico na literatura, elaborou-se um formulário contendo os principais fatores limitantes quanto à sua implantação e os parâmetros que permitiram diagnosticar a exequibilidade do sistema, sendo essa ferramenta de pesquisa aplicada em cada uma das 71 propriedades visitadas durante a pesquisa de campo no período de 20 a 30 de dezembro de 2016 (exceto os dias 24 e 25).

Feita a análise visual, observou-se que em 83,1% delas seria possível a instalação do aparelho inicialmente, ou seja, este representaria o percentual máximo de implantação do sistema, sendo esse valor reduzido a depender das questões seguintes. Os valores válidos da altura de queda entre a fonte e o ponto visivelmente mais baixo do terreno variaram de 65 cm a 3,65 m, sendo que em 57,7% das propriedades esse desnível encontrava-se entre 60 e 200 cm. Já a distância correspondente à tubulação de alimentação do sistema variou de 11 a 63 m e 76,7% delas encontravam-se entre 8 e 40 metros.

Em função da longa estiagem que atingia o município, 43,7% das fontes encontravam-se total ou parcialmente secas e não foi possível avaliar visualmente a qualidade da água. Do restante, 57,5%, 30,0% e 12,5% delas tiveram sua qualidade descritas como boas, regulares e ruins, respectivamente. Ainda, em apenas duas propriedades havia um reservatório elevado instalado.

Em decorrência dos valores obtidos e recomendações propostas no trabalho, o fator li-

mitante quanto à viabilidade técnica do carneiro resumiu-se à altura de queda entre a fonte e o aparelho. Para esse parâmetro foram adotados 3 valores: 60, 100 e 150 cm, sendo obtidos os percentuais de 83,1%, 70,4% e 49,3%, respectivamente. Como foi escolhido o modelo alternativo desenvolvido pela EPAGRI e a altura de queda mínima recomendada para o seu funcionamento é de 1 metro, o presente projeto seria viável tecnicamente em 70,4% do total de propriedades visitadas. Ainda, esse percentual variou de 87,5% a 50,0% nos povoados ou bairros visitados, destacando-se os povoados Mangabeira, Bom Jardim e Serra como aqueles cuja implantação seria mais exitosa.

A segunda parte do formulário forneceu basicamente parâmetros essenciais quanto à análise econômica, destacando-se a ausência de bombas centrífugas em 62,0% das propriedades e a dificuldade quanto à mensuração dos gastos de energia elétrica relativos às bombas utilizadas. Assim, nos sítios em que foi possível avaliá-la, essa despesa mensal era superior a 200 reais em 41,7% do total e inferior a 100 reais em 33,3% delas. Ainda, foi possível mensurar a aceitabilidade dos proprietários quanto à utilização do aparelho em estudo. Assim, apesar de não ter sido avaliada em 54,9% das propriedades, 93,8% dos proprietários entrevistados reagiram de forma positiva à possibilidade de utilização do carneiro hidráulico, dado que confirma a excelente receptibilidade daqueles ao aparelho.

Para o carneiro número 3 da EPAGRI cujo uso foi recomendado, o custo das peças e serviços requeridos para sua montagem ficou em R$ 158,24. Para esse modelo de aríete foi especificado um reservatório elevado em concreto armado pré-moldado e com capacidade de 3000 litros cujo custo total foi de R$ 2600,00. Já a fundação requerida para essa estrutura foi de concreto ciclópico e seria despendido R$ 350,00, enquanto que o custo relativo à tubulação de alimentação variaria a depender de cada propriedade e comprimentos característicos.

Na análise econômica foram considerados quatro cenários a fim de permitir diferentes configurações de instalação do carneiro. No cenário A já havia um reservatório elevado instalado e o custo de implantação seria o do aparelho em si e o da tubulação de adução, enquanto no B seria acrescido a esse custo o do reservatório elevado (propriedades com terreno plano). No cenário C as despesas seriam a da caixa d'água (a ser apoiada em um ponto elevado do terreno) e a da tubulação de alimentação. Por fim, o cenário D possuía como custos o aríete e a tubulação de adução (nele a água seria utilizada diretamente na irrigação).

Assim, foram encontrados os custos totais para cada um desses arranjos, sendo seus valores médios iguais a R$ 267,49, R$ 3276,67, R$ 1226,67 e R$ 324,30 para os cenários A, B, C e D, respectivamente.

As propriedades em que já havia uso de bombas centrífugas tiveram sua análise econômica realizada pela determinação do período de retorno, sendo obtidos tempos de 1 a 45 meses. Assim, em aproximadamente 58% delas os períodos de retorno calculados foram inferiores a 1 ano, enquanto que apenas 10% do total encontravam-se no intervalo de 3 a 4 anos, os maiores tempos e, mesmo assim, bem inferiores à vida útil da estrutura de suporte, isto é, 30 anos.

Já as propriedades em que não havia o uso prévio de bombeamento tiveram sua análise econômica realizada pela comparação entre as receitas mínimas exigidas para a instalação do carneiro ou de bombas centrífugas para os horizontes de 5 e 10 anos. Para as turbo-bombas a receita mínima exigível ao fim de 5 e 10 anos seria de R$ 4675,00 e R$ 9175,00 respectivamente, ou seja, considerando os menores custos de energia elétrica mensal (tomando esse valor como sendo igual a R$ 250,00, a receita necessária seria de R$ 30175,00 ao final de 10 anos). Para o carneiro essa receita variaria de R$ 221,49 a R$ 3470,49 para 5 anos e de R$ 443,00 a R$ 6941,00 para 10 anos. Assim, mesmo considerando os valores mínimos para o sistema convencional e o máximo para o do carneiro, o último ainda exigiria uma receita inferior quando comparado ao primeiro.

Ainda, foram evidenciadas quando da realização das visitas de campo possibilidades de uso para as águas não bombeadas pelo carneiro. Assim, essas poderiam ser direcionadas para as fileiras entre as plantações, aproveitando os declives do terreno, ou para uma nova linha de cultura quando não possível aproveitar as condições locais. Outras opções vislumbradas foram o direcionamento das águas a um cocho ou a alguma cavidade no terreno visando a dessedentação dos animais ou, ainda, encaminhá-las para córregos e fontes de água localizadas em pontos abaixo do local de instalação do aríete hidráulico. Dessa forma, seria amenizado um dos principais fatores limitantes da instalação desse sistema.

Apesar das inúmeras vantagens advindas da utilização do carneiro, nenhuma das propriedades visitadas utilizava esse sistema e apenas três dos proprietários entrevistados tinham algum conhecimento acerca do mesmo. Assim, fez-se necessário divulgar o equipamento ainda na coleta de dados por meio da distribuição aos agricultores de um panfleto contendo informações básicas e materiais necessários à implantação do dispositivo. Ainda, essa divulgação terá continuidade pelo repasse de uma cópia do presente trabalho ao secretário municipal de agricultura e pela doação de outro exemplar à biblioteca pública municipal.

Sendo o presente projeto um estudo preliminar, recomenda-se para posteriores trabalhos a execução do mesmo através de um projeto piloto que englobe algumas das propriedades visitadas e, ainda, a complementação do estudo pela avaliação das vazões fornecidas pelas fontes e aquelas requeridas para a atividade a que se destinariam as águas bombeadas. Ademais, sugere-se a realização de pesquisas quanto à aplicabilidade do carneiro hidráulico na construção civil, particularmente como sistema auxiliar quando do aproveitamento de águas pluviais.

Reitera-se, através de todos os parâmetros analisados até então, o potencial de implantação do projeto desenvolvido no município de Itabaiana, sendo sua efetivação dependente de uma divulgação ampla do dispositivo.

Referências

ABATE, C.; BOTREL, T. A. Carneiro hidráulico com tubulação de alimentação em aço galvanizado e em pvc. *Scientia Agricola*, v. 59, n. 1, p. 197–203, jan/mar 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n1/8095.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2017.

ACKERMANN'S REPOSITORY. *The Water Ram*. 1821. Disponível em: <http://laurenroyal.com/3.0/bookshelf/books/lit/pump>. Acesso em: 08 abr. 2017.

ALEGRETTI, L. *BB anuncia 101 bilhões em recursos para a safra 2016/2017*. 2016. Disponível em: <http://glo.bo/29mw0cK>. Acesso em: 14 abr. 2017.

ANA. *Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil - 2014*. 2016. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/ProjetoPivos.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2017.

ANA. *Narrativa do monitor de secas do mês de dezembro de 2016*. 2017. Disponível em: <http://monitordesecas.ana.gov.br>. Acesso em: 03 fev. 2017.

BISPO, J. d. A. *Itabaiana, nosso lugar: quatro séculos depois*. Aracaju, SE: Edição do Autor, 2013. 268 p.

BLAKE, J. *Water Supply for Farms, Country-Houses, Villages*. Accrington: Jonh Blake Limited, 1939.

CALHOUN, J. *Home Built Hydraulic Ram Pumps: Two Useful Designs show you how to pump water for free*. 2003. Disponível em: <http://www.inthefieldministries.org/jscalhou/Home%20Built%20Hydraulic%20Ram%20Pumps.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2017.

CARVALHO, D. M. d.; COSTA, J. E. d. *A geografia (des)conhecida de Itabaiana / SE*. São Cristóvão, SE: Editora UFS, 2012. 304 p.

CERPCH. *Carneiro hidráulico: o que é e como construí-lo*. 2002. Disponível em: <http://cerpch.unifei.edu.br/pt/carneiro-hidraulico/>. Acesso em: 12 abr. 2017.

COHIDRO. *Perímetro Irrigado Jacarecica I*. 2016. Disponível em: <http://www.cohidro.se.gov.br/modules/tinyd0/index.php?id=22>. Acesso em: 03 fev. 2017.

COHIDRO. *Perímetro Irrigado Poção da Ribeira*. 2016. Disponível em: <http://www.cohidro.se.gov.br/modules/tinyd0/index.php?id=24>. Acesso em: 03 fev. 2017.

COHIDRO. *Seca interrompe irrigação no Jacarecica I, mas permite obras na barragem*. 2017. Disponível em: <http://www.cohidro.se.gov.br/modules/news/article.php?storyid=684>. Acesso em: 03 fev. 2017.

CYPE. *Gerador de preços Brasil - Concreto ciclópico*. 2017. Disponível em: <http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra_nova/calculaprecio.asp?Valor=70|0_0_0|0|CHH010|chh_010:_0_0_50c11_0_1_10c4_0>. Acesso em: 27 mar. 2017.

DACACH, N. G. *Saneamento básico*. Rio de Janeiro: LTC, 1981. 314 p.

DARDOT, J.-P. *Comportamento hidráulico de gotejadores pressurizados por carneiro hidráulico*. Lavras, 2012. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Formas Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras.

DEFESA CIVIL DE SERGIPE. *Ministério da Integração reconhece emergência com relação*. 2017. Disponível em: <http://www.defesacivil.se.gov.br/modules/news/article.php?storyid=406>. Acesso em: 03 fev. 2017.

DER/SE. *Mapa Rodoviário do Estado de Sergipe*. 2003. *BiblioCAD*. Disponível em: <http://www.bibliocad.com/biblioteca/mapa-sergipe_64599>. Acesso em: 22 jan. 2017.

DOMINGUES, A. F. *O potencial da agricultura irrigada no Brasil*. 2013. Disponível em: <http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/14h10_AntonioFelixDomingues_InvestimentoIrrigacao.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2017.

EPAGRI. *Carneiro hidráulico - Folder*. 2013. Disponível em: <http://estatico.redeglobo.globo.com/2013/06/18/folder_carneiro_hidraulico.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2017.

EPAGRI. *Carneiro Hidráulico*. Florianópolis, SC: [s.n.], 2015.

EPAGRI. *Carneiro hidráulico é certificado como tecnologia social pela Fundação Banco do Brasil*. 2015. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/?p=10788>. Acesso em: 06 abr. 2017.

EPAGRI. *Carneiro hidráulico Epagri - montagem e instalação*. 2015. Vídeo (15min59s). Disponível em: <https://youtu.be/6sqSbXuB6Nk>. Acesso em: 13 abr. 2017.

FERREIRA, A. *Aplicação e otimização da bomba de ariete para elevação de água em meios rurais de Timor-Leste*. 79 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade do Porto, Porto, 2016.

FERREIRA, R. G. *Engenharia econômica e avaliação de projetos de investimentos: critérios de avaliação, financiamentos e benefícios fiscais, análise de sensibilidade e risco*. São Paulo, SP: Atlas, 2009. 273 p.

FRANÇA, V. L. A.; CRUZ, M. T. S. *Atlas escolar Sergipe: espaço geo-histórico e cultural*. João Pessoa, PB: Editora Grafset, 2007. 207 p.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. *Tecnologia Social*. 2017. Disponível em: <http://tecnologiasocial.fbb.org.br/tecnologiasocial/o-que-e/tecnologia-social/o-que-e-tecnologia-social.htm>. Acesso em: 06 abr. 2017.

GIL, A. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES FILHO, R. R. *Hidráulica Aplicada às Ciências Agrárias*. Goiânia: Editora América/UEG, 2013. 254 p.

GRIFFIN, J. *The motorless water pump*. 2000. Disponível em: <http://www.gravicheck.com/html>.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. d. O. *Abastecimento de água para consumo humano*. 2. ed. rev. e atual. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. v. 2.

IBGE. *Produção Agrícola Municipal 2013-2015*. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=280290>. Acesso em: 29 jan. 2017.

IBGE. *Censo Demográfico 2010*. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=280290&search=sergipe|itabaiana|infograficos:-informacoes-completas>. Acesso em: 28 jan. 2017.

JORNAL DA CIDADE. *Expansão do saneamento [Editorial]*. 2016. Disponível em: <http://www.jornaldacidade.net/noticia-leitura/76/103727/editorial-expansao-do-saneamento.html#.WIy9T9IrKM8>. Acesso em: 28 jan. 2017.

JUNGES, C. *Termelétricas encarecem conta de luz*. 2014. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/economia/termeletricas-encarecem-conta-de-luz-eqxyskjgac7qryt04jz11qbta>. Acesso em: 14 abr. 2017.

KENYA. *Carneiro Hidráulico*. 2000. Disponível em: <http://www.cataventoskenya.com.br/carneirohidr_inst.html#Tabela>. Acesso em: 11 abr. 2017.

KNIGHT, C. *Old England: A Pictorial Museum*. 1845. Disponível em: <http://www.fromoldbooks.org/OldEngland/pages/0869-Attack-on-the-walls-of-a-besieged-town/119x98-q75.html>. Acesso em: 08 abr. 2017.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. d. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.

LAVOURA, N. S. *Concepção, construção e estudo de uma unidade de demonstração de demonstração de escoamento variável sob pressão : aríete hidráulico*. 105 p. Dissertação (Mestrado) — Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2008.

MACINTYRE, A. J. *Bombas e instalações de bombeamento*. 2. ed. rev. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1997. 782 p.

MAEDA, L. K. *Análise de sistemas alternativos de bombeamento, condução de água e irrigação: estudo de caso a horta municipal de São Carlos*. São Carlos, 2010. 114 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de São Paulo.

MARUMBY. *Bombas*. 2017. Disponível em: <http://www.bombasmarumby.com.br/p/bombas.html>. Acesso em: 08 abr. 2017.

MARUMBY. *Carneiro Hidráulico [mensagem pessoal]*. 2017. Mensagem recebida por <thiiago@hotmail.com.br> em março de 2017.

MARUMBY. *Manual Carneiro Hidráulico Marumby*. Colombo, PR: [s.n.], 2017. Disponível em: <http://www.bombasmarumby.com.br/p/manuais.html>.

MENDONÇA, J. U. d.; SILVA, M. L. M. C. e. *Sergipe panorâmico*. Aracaju: UNIT, 2002. 474 p.

MOTA, M. Â. D. L. M. *Projecto de carneiro hidráulico com integração de energia eléctrica proveniente de fonte renovável*. 128 p. Dissertação (Mestrado) — Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 2014.

NETTO, J. M. d. A.; FERNÁNDEZ, M. F. Y. *Manual de hidráulica*. 9. ed. São Paulo: E. Blucher, 2015. 632 p.

OCHOA, C. Qual é o tamanho da amostra que eu preciso? *Blog da Netquest*, 13 dez. 2013. Disponível em: <https://www.netquest.com/blog/br/blog/br/qual-e-o-tamanho-de-amostra-que-preciso>. Acesso em: 04 fev. 2017.

PEDRÃO, É. *Carneiro Hidráulico*. 2014. Disponível em: <http://tecnologiasocial.fbb.org.br/tecnologiasocial/banco-de-tecnologias-sociais/pesquisar-tecnologias/detalhar-tecnologia-92.htm>. Acesso em: 08 abr. 2017.

PEDRÃO, É. *Vazão do carneiro hidráulico [mensagem pessoal]*. 2017. Mensagem recebida por <thiiago@hotmail.com.br> em março de 2017.

PEREIRA, G. M.; MELLO, C. R. d. *Carneiro hidráulico, aula prática 9*. 2000. Disponível em: <http://www.webcamp.com.br/Eletronica/artigos/data/9_aula%2520pratica%25209.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2017.

REYNOLDS, T. S. *Stronger Than a Hundred Men: A History of the Vertical Water Wheel*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983. 453 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=aZ0runvrq0AC>. Acesso em: 07 abr. 2017.

ROJAS, R. N. *Modelagem, otimização, construção e avaliação de um protótipo de carneiro hidráulico*. 82 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SANTOS, A. F.; ANDRADE, J. A. *Nova geografia de Sergipe/ 1º grau*. Aracaju: Secretaria de Estado da Educação e do Desporto e Lazer, 1998. 147 p.

SANTOS, M. S. *Determinação da concentração de metais em cultivares produzidos nos perímetros irrigados Jacarecica I e Açude Macela localizados na cidade de Itabaiana-SE*. 79 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

SILVA, L. A atividade olerícola em itabaiana - sergipe. p. 15, 2007. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiaagraria/24.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2017.

SILVER, M. *Use of hydraulic rams in Nepal: a guide to manufacturing and installation*. 1978. Disponível em: <http://www.ircwash.org/sites/default/files/232.5-77US.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2017.

VIEIRA, F. L. *Estudo e aplicação do carneiro hidráulico para bombeamento de água e controle de vazão*. Lorena, 2015. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo.

Apêndices

APÊNDICE A – Modelo de formulário

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA - CCET

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL - DEC

FORMULÁRIO

Bairro/Povoado: _____

Fonte de água: _____

Parte I – Análise Técnica

1) O sítio oferece condições topográficas favoráveis à utilização do carneiro hidráulico?

( ) Sim ( ) Não

2) Qual a diferença de cota entre a fonte de água e o local no qual seria instalado o equipamento (altura de queda h)?

( ) $h < 60$ cm ( ) $60 \text{ cm} \leq h < 200$ cm ( ) $200 \text{ cm} \leq h \leq 300$ cm ( ) $h > 300$ cm Valor: _____

3) Qual o comprimento aproximado (L) entre os dois pontos?

( ) $L < 8$ m ( ) $8 \text{ m} \leq L < 40$ m ( ) $40 \text{ m} \leq L \leq 75$ m ( ) $L > 75$ m ( ) Não aplicável Valor: _____

4) Como pode ser descrita a qualidade da água na respectiva fonte?

( ) Boa (límpida) ( ) Regular ( ) Ruim ( ) Péssima (resíduos) ( ) Não aplicável

5) Há a presença de reservatório (caixa d'água) elevado na propriedade?

( ) Sim ( ) Não

6) Qual a altura aproximada do reservatório (H)?

( ) Inferior a 5 m ( ) Entre 5 e 10 m ( ) Superior a 10 m ( ) Não aplicável Valor: _____

7) É tecnicamente viável a instalação do carneiro hidráulico na propriedade?

( ) Sim ( ) Não

Parte II – Entrevista

8) O proprietário encontra-se no local?

( ) Sim ( ) Não

9) Há utilização na propriedade de algum equipamento para bombeamento de água?

( ) Sim ( ) Não

10) Qual o tipo de equipamento utilizado?

( ) Turbo-bombas ( ) Volumétricas ( ) Não aplicável Outro(s):_____

11) Caso utilize energia elétrica, qual o custo mensal aproximado na propriedade?

( ) Inferior a 100 reais ( ) Entre 100 e 200 reais ( ) Superior a 200 reais ( ) Não aplicável

12) Se o(a) senhor(a) soubesse da existência de um tipo de bomba que não utiliza energia elétrica e que permite o bombeamento da água necessária para a sua plantação, utilizaria esse equipamento em sua propriedade?

( ) Sim ( ) Não ( ) Não aplicável

APÊNDICE B – Dados tabulados

Formulário	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Questão 7A	Questão 7B	Questão 7C	Questão 8	Questão 9	Questão 10	Questão 11	Questão 12
F1	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Regular	Não	Não aplicável	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Turbo-bombas	Entre 100 e 200 reais	Sim
F2	Sim	h > 300 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Regular	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Entre 100 e 200 reais	Sim
F3	Não	h < 60 cm	Não aplicável	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Não	Não	Não	Não	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Não aplicável
F4	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F5	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F6	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F7	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F8	Não	h < 60 cm	Não aplicável	Ruim	Não	Não aplicável	Não	Não	Não	Não	Sim	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F9	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F10	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Superior a 200 reais	Não
F11	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Superior a 200 reais	Não
F12	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Regular	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F13	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Ruim	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F14	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F15	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Superior a 200 reais	Sim
F16	Sim	h > 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Superior a 200 reais	Sim
F17	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Regular	Não	Não aplicável	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Turbo-bombas	Inferior a 100 reais	Sim
F18	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Não aplicável
F19	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Regular	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Não aplicável
F20	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F21	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F22	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Ruim	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F23	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F24	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F25	Não	h < 60 cm	Não aplicável	Não aplicável	Não	Não aplicável	Não	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F26	Não	h < 60 cm	Não aplicável	Regular	Não	Não aplicável	Não	Não	Não	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F27	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Turbo-bombas	Superior a 200 reais	Sim
F28	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Sim
F29	Não	h < 60 cm	Não aplicável	Não aplicável	Não	Não aplicável	Não	Não	Não	Sim	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Sim
F30	Sim	h > 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Sim
F31	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Inferior a 100 reais	Sim
F32	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Sim	5 m ≤ H < 10 m	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Sim
F33	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Sim
F34	Não	h < 60 cm	Não aplicável	Não aplicável	Não	Não aplicável	Não	Não	Não	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F35	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Não aplicável
F36	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Sim

Dados tabulados (continuação)

Formulário	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Questão 7A	Questão 7B	Questão 7C	Questão 8	Questão 9	Questão 10	Questão 11	Questão 12
F37	Sim	h > 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Sim
F38	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Regular	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F39	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Entre 100 e 200 reais	Sim
F40	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F41	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Regular	Não	Não aplicável	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F42	Não	h < 60 cm	Não aplicável	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Não	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F43	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F44	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F45	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Regular	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Sim
F46	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Regular	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Turbo-bombas	Inferior a 100 reais	Sim
F47	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Sim
F48	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Sim	5 m ≤ H < 10 m	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Não aplicável
F49	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Regular	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Não aplicável
F50	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Turbo-bombas	Inferior a 100 reais	Sim
F51	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F52	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Sim
F53	Não	h < 60 cm	L < 8m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Não	Não	Não	Sim	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Sim
F54	Não	h < 60 cm	Não aplicável	Não aplicável	Não	Não aplicável	Não	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F55	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Ruim	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F56	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F57	Não	h < 60 cm	Não aplicável	Ruim	Não	Não aplicável	Não	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F58	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Regular	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F59	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F60	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Sim
F61	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F62	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Sim
F63	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Sim
F64	Não	h < 60 cm	Não aplicável	Não aplicável	Não	Não aplicável	Não	Não	Não	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Sim
F65	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Sim
F66	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	8 m ≤ L < 40 m	Boa (límpida)	Não	Não aplicável	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Sim
F67	Sim	60 cm ≤ h < 200 cm	40 m ≤ L ≤ 75 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F68	Não	h < 60 cm	Não aplicável	Não aplicável	Não	Não aplicável	Não	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
F69	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Sim
F70	Sim	200 cm ≤ h ≤ 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Turbo-bombas	Não aplicável	Sim
F71	Sim	h > 300 cm	8 m ≤ L < 40 m	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não aplicável	Não aplicável	Sim

APÊNDICE C – Custos por cenário

Formulário	Tubulação de alimentação (m)	Tubulação (R$)	Carneiro (R$)	Suporte, fundação e frete (R$)	Reservatório (R$)	Cenário A (R$)	Cenário B (R$)	Cenário C (R$)	Cenário D (R$)
F2	43	247,25	158,24	2050,00	900,00		3355,49	1305,49	405,49
F6	59	339,25	158,24	2050,00	900,00		3447,49	1397,49	497,49
F7	63	362,25	158,24	2050,00	900,00		3470,49	1420,49	520,49
F9	22	126,50	158,24	2050,00	900,00		3234,74	1184,74	284,74
F10	55	316,25	158,24	2050,00	900,00		3424,49	1374,49	474,49
F11	17	97,75	158,24	2050,00	900,00		3205,99	1155,99	255,99
F12	55	316,25	158,24	2050,00	900,00		3424,49	1374,49	474,49
F13	45	258,75	158,24	2050,00	900,00		3366,99	1316,99	416,99
F14	19	109,25	158,24	2050,00	900,00		3217,49	1167,49	267,49
F15	30	172,50	158,24	2050,00	900,00		3280,74	1230,74	330,74
F16	27	155,25	158,24	2050,00	900,00		3263,49	1213,49	313,49
F18	16	92,00	158,24	2050,00	900,00		3200,24	1150,24	250,24
F19	19	109,25	158,24	2050,00	900,00		3217,49	1167,49	267,49
F20	27	155,25	158,24	2050,00	900,00		3263,49	1213,49	313,49
F21	49	281,75	158,24	2050,00	900,00		3389,99	1339,99	439,99
F22	20	115,00	158,24	2050,00	900,00		3223,24	1173,24	273,24
F24	21	120,75	158,24	2050,00	900,00		3228,99	1178,99	278,99
F27	20	115,00	158,24	2050,00	900,00		3223,24	1173,24	273,24
F28	35	201,25	158,24	2050,00	900,00		3309,49	1259,49	359,49
F30	25	143,75	158,24	2050,00	900,00		3251,99	1201,99	301,99
F31	22	126,50	158,24	2050,00	900,00		3234,74	1184,74	284,74
F32	13	74,75	158,24	-	-	232,99			232,99
F33	14	80,50	158,24	2050,00	900,00		3188,74	1138,74	238,74
F35	36	207,00	158,24	2050,00	900,00		3315,24	1265,24	365,24
F36	15	86,25	158,24	2050,00	900,00		3194,49	1144,49	244,49
F37	26	149,50	158,24	2050,00	900,00		3257,74	1207,74	307,74
F38	41	235,75	158,24	2050,00	900,00		3343,99	1293,99	393,99
F39	49	281,75	158,24	2050,00	900,00		3389,99	1339,99	439,99
F43	21	120,75	158,24	2050,00	900,00		3228,99	1178,99	278,99
F44	42	241,50	158,24	2050,00	900,00		3349,74	1299,74	399,74
F45	36	207,00	158,24	2050,00	900,00		3315,24	1265,24	365,24
F46	19	109,25	158,24	2050,00	900,00		3217,49	1167,49	267,49
F47	17	97,75	158,24	2050,00	900,00		3205,99	1155,99	255,99
F48	25	143,75	158,24	-	-	301,99			301,99
F49	30	172,50	158,24	2050,00	900,00		3280,74	1230,74	330,74
F50	14	80,50	158,24	2050,00	900,00		3188,74	1138,74	238,74
F51	17	97,75	158,24	2050,00	900,00		3205,99	1155,99	255,99
F52	20	115,00	158,24	2050,00	900,00		3223,24	1173,24	273,24
F55	15	86,25	158,24	2050,00	900,00		3194,49	1144,49	244,49
F56	51	293,25	158,24	2050,00	900,00		3401,49	1351,49	451,49
F58	23	132,25	158,24	2050,00	900,00		3240,49	1190,49	290,49
F59	16	92,00	158,24	2050,00	900,00		3200,24	1150,24	250,24
F60	20	115,00	158,24	2050,00	900,00		3223,24	1173,24	273,24
F62	39	224,25	158,24	2050,00	900,00		3332,49	1282,49	382,49
F63	11	63,25	158,24	2050,00	900,00		3171,49	1121,49	221,49
F65	20	115,00	158,24	2050,00	900,00		3223,24	1173,24	273,24
F67	51	293,25	158,24	2050,00	900,00		3401,49	1351,49	451,49
F69	24	138,00	158,24	2050,00	900,00		3246,24	1196,24	296,24
F70	21	120,75	158,24	2050,00	900,00		3228,99	1178,99	278,99
F71	29	166,75	158,24	2050,00	900,00		3274,99	1224,99	324,99

Anexos

ANEXO A – Panfleto

CARNEIRO HIDRÁULICO

Conceito

Tipo de bomba que não necessita de energia elétrica para seu funcionamento, utilizando a diferença de pressão para bomber a água. Para isso, utiliza a energia de fluxo fornecida pelo desnível do terreno que permite elevar a coluna de líquido.
Pode funcionar por 24 horas, mas nem toda a água que chega ao carneiro é utilizada (parte considerável é desperdiçada).

Custos

Custo apenas de instalação, sendo esse inferior a 200 reais. Manutenção praticamente inexistente ocorrendo quando da necessidade de reparação de algum componente.

Funcionamento

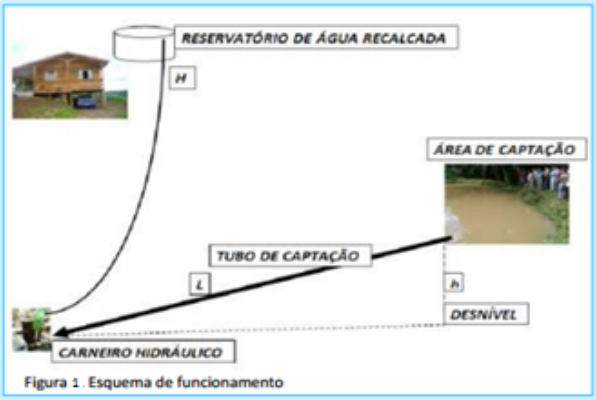


Figura 1. Esquema de funcionamento

Adaptado de Folder disponibilizado pela EPAGRI.

Requisitos mínimos

Desnível mínimo h: 60 cm
Distância mínima (captação - carneiro): 8 m
Boa qualidade da água

Materiais e equipamentos

Legenda:
1 - Parafuso 5/16" com 3 porcas e uma arruela
2 - Válvula de sucção (onde faz o serviço de torno para acoplar o parafuso)
3, 5, 9 e 11 - *Niple*
4 - Joelho (rosca interna)
6 e 12 - Tê (rosca interna)
7 e 14 - Adaptador curto
8 - Registro
10 - Válvula de retenção vertical
13 - Adaptador para mangueira
15 - 40cm de cano soldável
16 - *Cap*

Obs: No detalhe, dimensões da mola (comprimento de 2,5cm e diâmetro de 2cm). Situa-se dentro da peça nº 2, acoplada ao parafuso.

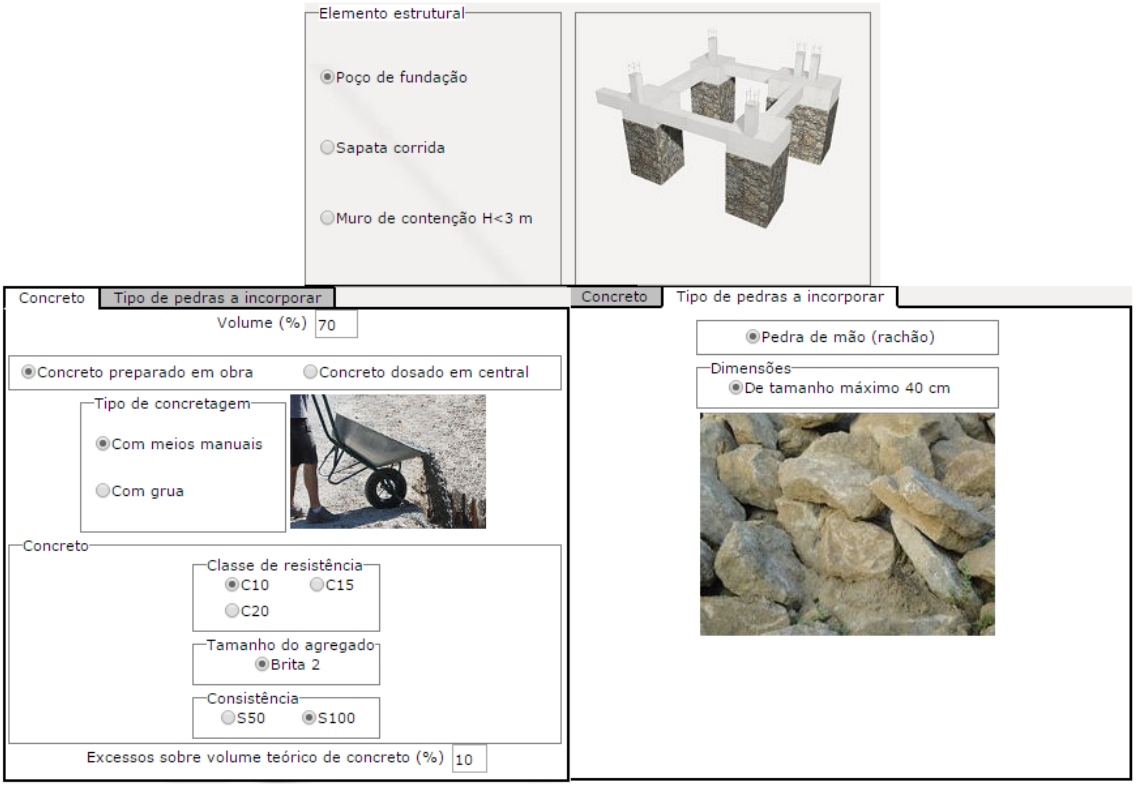
Figura 2. Esquema de montagem do carneiro

Material:
2 tês de 32mm com rosca interna
1 joelho de 32mm com rosca interna
4 *niples* de 32mm
1 válvula de retenção vertical (metal) de 1 polegada
1 válvula de sucção (metal) de 1 polegada
1 bucha para redução de 1 pol. para ½ pol.
1 adaptador para mangueira de ½ pol.
1 parafuso 5/16 de 10cm (rosca até o final)
3 porcas (chave 13)
3 arruelas
1 fita veda-rosca 25 x 18mm
1 cola PVC
40cm de cano de PVC 32mm
1 registro de gaveta 32mm
1 *cap* 32mm
2 adaptadores curtos 32mm
molas diversas (válvula hidra, roçadeira, pulverizador costal da Jacto, etc.)
serviço de torno (válvula de sucção)
20cm de lixa de fogão

Equipamentos:
serra de cortar cano
chave 13
alicate de pressão

Fonte: Adaptado de EPAGRI (2015a).

ANEXO B – Poço de fundação em concreto ciclópico



CHH010 **m³** **Concreto ciclópico.**

Concreto ciclópico realizado com **concreto C10 brita 2, consistência S100 preparado em obra e concretagem com meios manuais** (70% de volume) e **pedra de mão (pedra de mão (pedra de mão (rachão))) de tamanho máximo 40 cm** (30% de volume), para formação de **poço de fundação**.

Insumo	Un	Descrição	Rend.	Preço unitário	Preço Insumo
mt08aaa010a	m³	Água.	0,149	3,42	0,51
mt01arg002a	m³	Areia média lavada.	0,439	103,73	45,54
mt01arg003c	m³	Pedra britada tipo 2.	0,686	105,08	72,08
mt08cem002	kg	Cimento cinza em sacos.	156,476	0,56	87,63
mt01arg110f	m³	Pedra de mão (rachão) de tamanho máximo 40 cm.	0,300	73,46	22,04
mq06hor010	h	Betoneira.	0,397	3,80	1,51
mo045	h	Oficial de trabalhos de concretagem.	0,113	18,71	2,11
mo092	h	Ajudante de trabalhos concretagem.	0,113	15,11	1,71
mo113	h	Auxiliar de serviços gerais.	2,087	12,05	25,15
mo112	h	Servente de pedreiro.	1,241	16,17	20,07
	%	Custos diretos complementares	2,000	278,35	5,57
Custo de manutenção decenal: R$ 8,52 nos primeiros 10 anos.				Total:	**283,92**

Fonte: Adaptado de CYPE (2017).