



ESTUDO PARA AVALIAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DO PERÍMETRO DE IRRIGAÇÃO DO ARROIO DURO

*STUDY FOR EVALUATION AND REVIEW OF THE
DROUGH IRRIGATION PERIMETER*

Gilson Simões Porciúncula - Docente no Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas - RS - Brasil. Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina. gilson.porciuncula@gmail.com

Giusepe Stefanello - Docente no Centro de Desenvolvimento Tecnológico e Engenheiro do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas - RS - Brasil. Doutor em Agronomia em Sistemas de Produção Agrícola Familiar pela Universidade Federal de Pelotas. giusepe.stefanello@ufpel.edu.br

Maria Clotilde Carré Chagas Neta - Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e Água da Universidade Federal de Pelotas - RS - Brasil. netamariacc@gmail.com

Iulli Pitone Cardoso - Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais na Universidade Federal de Pelotas - RS - Brasil. iulli.pitone@gmail.com

RESUMO

Os Perímetros Públicos de Irrigação (PPI) atendem regiões que necessitam de determinada demanda de água para sistemas de irrigação específicos, os quais são planejados para o cultivo de culturas predominantes e compartilhados por um conjunto de proprietários da região. Estes PPI foram implementados na sua maioria na décadas de 1960 e 1970 pelo governo federal, sendo que no início da década de 1990 a gestão dos mesmos passou a ser compartilhada pelo governo com associações, cooperativas, prefeituras, etc. No caso do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro a gestão é realizada pela Associação de Usuários do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro (AUD). A emancipação da gestão dos PPI é uma demanda abordada no governo federal, assim como é uma demanda das instituições que atuam na gestão compartilhada dos mesmos. A emancipação destes PPI depende de uma avaliação patrimonial que nesse âmbito foi executada em parceria pela Universidade Federal de Pelotas, Ministério do Desenvolvimento Regional e AUD. Desta forma o Projeto de Avaliação e Revitalização do Perímetro Público de Irrigação do Arroio Duro (PAR-AUD), tem como objetivo identificar e relatar o real estado de conservação, funcionalidade e operação do perímetro, e para isso o projeto foi sistematizado por meio de três metas. As metas 1 e 2, tratadas no presente estudo, utilizaram de levantamentos em campo, sensoriamento remoto, Desdobramento da Função Qualidade (QFD) e o Diagrama de Mudge, para inventariar, diagnosticar e propor a revitalização da infraestrutura do PPI do Arroio Duro. O estudo apresentou um parecer sobre o inventário patrimonial do PPI da AUD, assim como, identificou os principais problemas e uma lista de prioridades a ser implementada para a revitalização do perímetro.

Palavras-chave: Irrigação. Orizicultura. QFD. Diagrama de Mudge. Extensão.

ABSTRACT

Public Irrigation Perimeters (PPI) serve regions that require a certain water demand for specific irrigation systems, which are designed for cultivation of predominant crops and shared by a set of landowners in the region. Most of these PPIs were implemented in the 1960s and 1970s by the federal government, and in the early 1990s their management began to be shared by the government with associations, cooperatives, municipalities, etc. In the case of the Duro Stream Irrigation Perimeter the management is carried out by the Duro Stream Irrigation Perimeter Users Association (AUD). The emancipation of PPI management is a demand addressed by the federal government, as it is a demand of the institutions that act in their shared management. The emancipation of these PPIs depends on an equity appraisal that was carried out in partnership with the Federal University of Pelotas, the Ministry of Regional Development and AUD. Thus, the Duro Stream Irrigation Public Perimeter Assessment and Revitalization Project (PAR-AUD) aims to identify and report the actual state of conservation, functionality and operation of the perimeter, and for this purpose the project was systematized through three goals. Goals 1 and 2, addressed in this study, used field surveys, remote sensing, Quality Function Deployment (QFD), and the Mudge Diagram to inventory, diagnose, and propose revitalization of the Arroio Duro PPI infrastructure. The study provided an opinion on AUD's PPI asset inventory, as well as identified key issues and a list of priorities to be implemented for perimeter revitalization.

Keywords: Irrigation. Rice cultivation. QFD. Diagram of Mudge. Extension.

INTRODUÇÃO

Os perímetros públicos de irrigação (PPI) consistem em áreas para produção agrícola, nos quais se realiza o manejo e operação de infraestruturas para irrigação de uso comum. Esta infraestrutura dispõe de estruturas civis, mecânicas e elétricas que assistem os canais de irrigação e drenagem na condução de água para os cultivos. Conhecidas no perímetro como obras de arte, essas estruturas podem ser: bueiros tubulares ou celulares, pontes, elevadoras de nível, saltos, tomadas d'água, transposição de trecho de canal e sifões invertidos.

A partir de 1980, quando esses projetos passaram a envolver também produtores empresariais, a agricultura irrigada foi reorientada e passou a protagonizar a formação de polos de agronegócios (FEITOSA, 2014). No entanto, os altos custos necessários para a construção e manutenção das infraestruturas dos projetos públicos, oriundos do planejamento inadequado, e de elevados índices de inadimplência no pagamento das tarifas de água nos perímetros de irrigação, ocasionaram a paralisação de investimentos nos anos de 1990.

A fim de retomar investimentos e tornar os PPI economicamente estáveis e desestatizados, foi editada a Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013, que disciplina o novo marco legal da Política Nacional de Irrigação em que é previsto a emancipação dos referidos projetos seja aplicável, com previsão de transferência para os agricultores irrigantes, da propriedade das infraestruturas de irrigação de uso comum, de apoio à produção e da unidade parcelar (art. 37º).

Nesse sentido, o PPI arroio Duro, situado em Camaquã/RS, foi administrado pelo Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) até 1990, quando, mediante convênio, passou a ser gerenciado pela Associação dos Usuários do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro (AUD), fundada em 2 de agosto de 1986. A AUD é uma entidade civil sem fins lucrativos,

com sede no município de Camaquã/RS e é constituída por empresários rurais, que detêm a posse ou o uso da terra, fazendo parte do perímetro de irrigação do arroio Duro. Seu objetivo é atender as demandas de irrigação e/ou drenagem dos produtores associados, realizando as atividades operacionais, assistência técnica e os serviços de manutenção da infraestrutura do sistema hidráulico (barragem, canais, comportas e outros equipamentos).

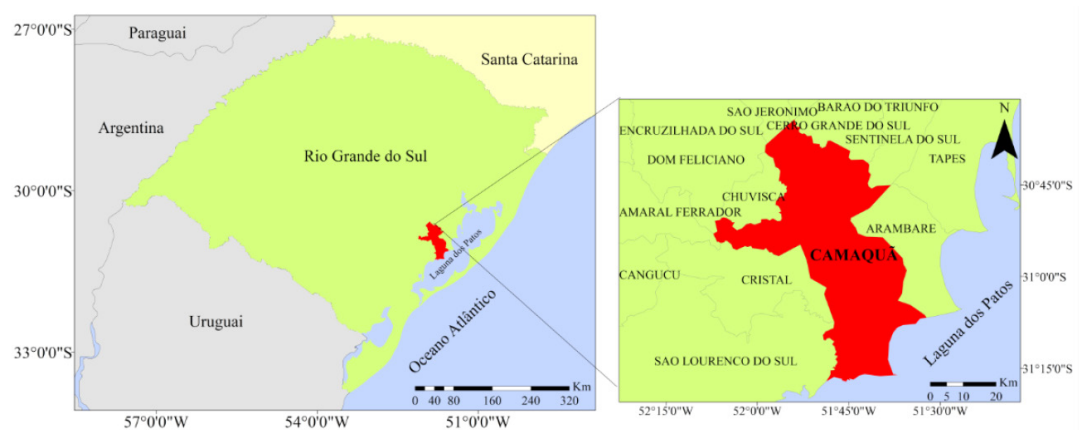
Após o período de implantação do projeto inicial, a infraestrutura do perímetro foi sofrendo modificações e demonstrando a necessidade de um diagnóstico de condições de todas as obras de arte. Além disso, para o processo de emancipação destes PPI é preciso que seja realizada uma avaliação patrimonial do perímetro identificando e valorizando toda sua infraestrutura de maneira a servir como indicador de melhorias e reabilitações a ser realizadas no patrimônio para sua posterior desestatização.

Assim foi formada uma parceria entre o então Ministério da Integração Nacional (MIN), atual Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDR) e a Universidade Federal de Pelotas (UFPel), juntamente com a Associação dos Usuários do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro (AUD) em um projeto de extensão denominado: “Execução de estudos e avaliação das infraestruturas de irrigação de uso comum, e proposição de ações para a revitalização e a sustentabilidade do projeto público de irrigação do arroio Duro, localizado no município de Camaquã, no estado do Rio Grande do Sul”.

CARACTERIZAÇÃO DO PERÍMETRO

O PPI Arroio Duro, localizado na região do banhado do Colégio, hoje completamente drenada, fica situada geograficamente entre a cidade de Camaquã/RS, na direção NE-SO, assim como entre a serra dos Tapes e a Laguna dos Patos, na direção NE-SE, e faz parte de uma planície sedimentar, que constitui a margem noroeste da laguna (CUNHA, 2001) (Fig. 1).

Figura 1 – Carta de localização do município de Camaquã no estado do Rio Grande do Sul.

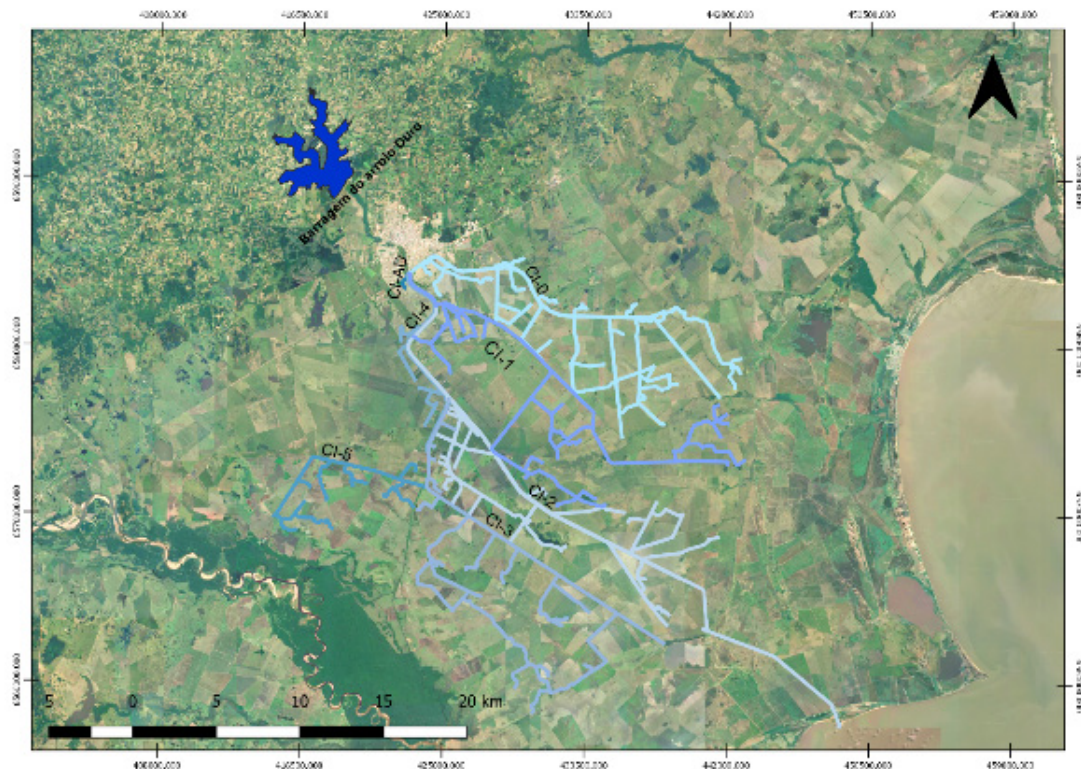


Fonte: Autores.

O perímetro conta com a barragem do Arroio Duro, que visa à regularização da vazão e permite o abastecimento de açudes à jusante e armazenando cerca de 150 milhões de m³ de água para irrigação. A água é aduzida pelo canal de escoamento de cheias, denominado descarregadora de cheias, onde é conduzida para um reservatório de detenção, que possui um conjunto de quatro comportas reguláveis fornecendo água para os canais principais. Os canais de irrigação (CI) são sequenciados em CI-0, CI-1, CI-2, CI-3, CI-4, CI-5 e CI-AD, conforme observado na figura 2, e distribuídos em níveis em canais principais, secundários, terciários e quaternários.

Paralelamente às redes de canais principais e secundários de irrigação, existe a rede de canais de drenagem, que coleta o excesso das águas de irrigação, assim como aquelas provenientes do excesso das precipitações pluviais. As águas coletadas pelos drenos podem ser reaproveitadas durante o período de irrigação, na ordem de 30%, daquela fornecida na entrada das lavouras, o que permite o incremento nas áreas irrigadas.

Figura 2– Mapa atualizado do perímetro irrigado do Arroio Duro.



Fonte: autores.

IMPACTO REGIONAL

O Rio Grande do Sul, em 2017, registrou grande produção de arroz, totalizando 8.983.959,263 toneladas de arroz, segundo o Censo Agropecuário Florestal e Aquícola de 2017 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018). Nesse contexto, alguns municípios como Camaquã apresentaram produção acima das 200.000,00 toneladas. Deste modo, o PPI do arroio Duro, é responsável por irrigar cerca de 21.000 ha com produtividade média de 7.040kg/ha (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO, 2014). O perímetro compreende propriedades cujas áreas variam de 0,90 a 4.125,90 ha, totalizando uma área de 45.781,77 ha, entre os quinhentos e sete proprietários e consumo médio anual de água por ha de 12.000 m³. Apesar da alta produtividade do arroz na região, o perímetro irrigado também possui a soja e o milho como culturas de rotatividade ou sucessão.

O Projeto de Avaliação e Revitalização do Perímetro Público de Irrigação do Arroio Duro (PAR-AUD) tem como objetivo avaliar e verificar as condições da infraestrutura do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro e, quando necessário, propor ações que busquem a melhoria de obras ou equipamentos garantindo assim o funcionamento adequado do Perímetro. Além disso, essa avaliação servirá como base para o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) tomar as providências necessárias para uma eventual emancipação do perímetro.

As linhas de atuação do projeto foram divididas em três metas, sendo elas: Estudo e Avaliação do Projeto Público de Irrigação do Arroio Duro (Meta 1); Proposta de Revitalização do Projeto Público de Irrigação do Arroio Duro (Meta 2); Proposta de Uso de Energia Alternativa para o Projeto Público de Irrigação do Arroio Duro (Meta 3).

A meta 1 teve como propósito identificar, verificar, avaliar e valorar o Perímetro Público de Irrigação, contabilizar as áreas irrigáveis do Perímetro e delimitar as extensões e áreas de domínio dos canais de irrigação e drenagem. Com isso, o plano de atuação dessa meta foi dividida em três etapas: a etapa 1.1 que teve como objetivo avaliar e apresentar um parecer técnico do inventário da infraestrutura do perímetro; a etapa 1.2 que teve como finalidade descrever a avaliação e valoração das infraestruturas, obras civis e estruturas mecânicas do Perímetro; e a etapa 1.3 que foi designada a identificar as áreas irrigáveis atendidas pelas infraestruturas de irrigação e drenagem.

A meta 2 foi responsável por apresentar um diagnóstico identificando os principais problemas e propor soluções para a infraestrutura do perímetro. Esta meta também foi dividida em três etapas, sendo elas: etapa 2.1, que teve como finalidade verificar, avaliar e identificar as condições estruturais, funcionais e operacionais das infraestruturas e equipamentos do perímetro, contabilizando e identificando as intervenções necessárias; a etapa 2.2, que identificou e hierarquizou os principais problemas do perímetro, incluindo problemas de gestão, tecnológicos e legais que possam interferir em sua operação e administração; e a etapa 2.3, que propôs um projeto de revitalização da infraestrutura do perímetro, contemplando as ações, recomendações e projetos básicos, além de quantificar e orçar os serviços e obras necessários.

Por fim, a meta 3 teve como finalidade realizar um estudo para avaliar a viabilidade técnica e econômica do uso de energia solar nos sistemas de bombeamento do perímetro, que culminará em um projeto de uso de energia alternativa.

Em consequência da extensa abrangência do projeto PAR-AUD, optou-se por concentrar o presente trabalho nos resultados obtidos pela meta 1 e meta 2, salientando que algumas etapas ainda vêm sendo desenvolvidas atualmente.

METODOLOGIA

Devido às diferentes metas e etapas do projeto PAR-AUD, foram desenvolvidas metodologias que atendessem as demandas de cada produto. É importante ressaltar que alguns resultados da meta 1 foram utilizados como banco de dados base para atividades realizadas posteriormente na meta 2.

LEVANTAMENTO DOS DADOS DA INFRAESTRUTURA DO PERÍMETRO

O levantamento consistiu em caminhamento ao longo de todos os canais de irrigação principais, secundários e terciários, objetivando levantar as informações relativas às obras de arte existentes. A localização de cada obra de arte foi obtida com um GPS (*Global Positioning System*), modelo *Etrex 35 Touch*, configurado para o elipsóide de referência WGS84 e sistema de coordenadas *Universal Transversa de Mercator* (UTM UPS), considerando que o perímetro de irrigação está inserido no hemisfério sul, zona 22. Além do GPS foram utilizadas uma trena de 50 m e câmera fotográfica, de forma que todas as obras de arte fossem inventariadas.

O início das atividades de levantamento das obras do perímetro ocorreu no dia 5 de fevereiro de 2018 e foi finalizado em 15 de janeiro de 2019. Utilizando a planilha, apresentada

na figura 3a, foram anotadas todas as informações referentes às obras de arte inventariadas, seguindo uma sequência de procedimentos em campo, exemplificadas na figura 3b.

Figura 3 – (a) Planilha para levantamento de obras de artes do perímetro;
(b) Lista de procedimentos realizados em campo.

(a)		(b)	
Canal		C(m) - Obra	
GPS		L(m) - Obra	
Obra		C(m) - Peça	
Foto		L(m) - Peça	
Xi		H(m) - Peça	
Yi		Material (O)	
Aquisição		Material (P)	
OBS.:			

Lista de sequência para levantamento:

- Identificação do canal (CI/CD);
- Tipo de obra hidráulica;
- Registro fotográfico;
- Localização geográfica com GPS;
- Origem (DNOS ou AUD);
- Dimensões da obra;
- Dimensões da peça;
- Tipo de material da obra e peça.

Fonte: autores.

LEVANTAMENTO DAS EXTENSÕES E ÁREAS DOS CANAIS E DA BARRAGEM

A partir do *shapefile* de pontos das obras de arte foi realizada a sobreposição de um mapa de base disponibilizado pelo *Google Earth*, tornando visível a localização dos canais de irrigação. Assim, a determinação do comprimento dos canais foi realizada em formato vetorial e manualmente, baseando-se nos pontos de localização das obras de arte, como pontes, saltos e elevadoras de nível, entre outras, localizadas perpendiculares ao fluxo de água. Após a finalização do *shapefile* com os comprimentos de cada canal foram extrapoladas as linhas dos canais para formação de um polígono para cada canal, considerando a faixa de largura mínima de 4m em cada lado do canal. Este valor é estipulado por regulamento interno da AUD.

A área de alagamento da barragem do Arroio Duro foi determinada utilizando a classificação supervisionada de duas classes: água e vegetação, em ambiente computacional do *software* ENVI. As imagens do satélite *China Brasil Earth Resources Satellite* (CBERS), disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), foram selecionadas em função da resolução espacial de 5m, para o sensor pancromático e 20m, para o sensor multiespectral regular, em período considerado chuvoso na região (setembro). Também foi realizada a extrapolação em 100m de largura da área do polígono formado para obtenção da área de domínio, considerando a legislação vigente as áreas de proteção permanente (APP).

DIAGNÓSTICO DAS INFRAESTRUTURAS

Etapa 2.1 - A partir do levantamento de dados em campo e entrevista com os irrigadores, as infraestruturas foram divididas em obras civis e equipamentos estacionários e caracterizados funcional, operacional e estruturalmente. Na caracterização funcional foi verificada a finalidade de cada elemento da infraestrutura, bem como as condições atuais de funcionamento. Na caracterização operacional foram indicados os procedimentos para operação, recursos necessários, frequência de uso e informações para tomada de decisão. Quanto à caracterização estrutural se verificou dimensões, características técnicas, capacidades, material construtivo, integridade estrutural e potência. Foi verificada a integridade estrutural das obras de arte, classificando-as em íntegras, parcialmente íntegras ou comprometidas, identificando e quantificando as intervenções necessárias para manter o perímetro em condições de funcionamento.

Etapa 2.2 - Com auxílio de entrevista e realização de reuniões com os envolvidos na gestão, operação e uso da infraestrutura foram identificados os clientes do projeto, indivíduos envolvidos direta e indiretamente com a gestão do perímetro, e verificadas suas necessidades (NC's), na forma de problemas enfrentados. Essas informações foram transformadas em Requisitos de Clientes (RC's) que são associações dos verbos ser, ter ou estar com outros termos como substantivos ou adjetivos e ainda demais termos para caracterizar sistematicamente as NC's de forma qualitativa. As NC's e RC's foram desdobrados em Requisitos de Projeto (RP's) que são itens quantificáveis e mensuráveis, que atendessem as NC's e RC's. Para hierarquizar os RP's e valorar os RC's foram empregados a matriz QFD (*Quality Function Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade) (ROZENFELD, 2006) e o Diagrama de Mudge respectivamente. No Diagrama de Mudge cada RC foi comparado com os demais RC's, aos pares, escolhendo-se qual era mais importante e quanto, atribuindo valores de 1; 3 e 5 para pouco, medianamente e muito mais importante em relação ao outro RC em comparação. Feito isso para todas as comparações foi realizado o somatório de pontos para cada RC e divididos em dez categorias sendo a categoria 10 a mais importante. Na matriz QFD são inseridos os RP's (com a unidade de medida e intenção de majorar ou minorar) e RC's (com a categoria de valoração de 1 a 10) sendo comparados em termos de relacionamento que pode ser forte, médio, fraco ou nenhum, atribuindo-se respectivamente valores de 5, 3, 1 e 0 para cada relacionamento. A pontuação para cada RP é obtida pelo somatório do produto entre os valores de relacionamento e a valoração obtida no Diagrama de Mudge. A partir das pontuações individuais os RP's foram classificados em ordem decrescente de importância, sendo o primeiro colocado o mais importante.

RESULTADOS

Os resultados alcançados contemplam o levantamento patrimonial do perímetro por meio do inventário das obras de arte da infraestrutura e do levantamento das extensões de áreas de domínio perímetro. A partir do diagnóstico da infraestrutura foram descritos os problemas na etapa 2.1 e proposições para revitalização do perímetro na etapa 2.2. A seguir são abordados os resultados separadamente, de forma a permitir uma visão pormenorizada das partes para entendimento do funcionamento de todo o perímetro.

INVENTÁRIO DAS OBRAS DE ARTE

O processo de levantamento das obras de arte demonstrou, inicialmente, a necessidade de identificar todas as estruturas do perímetro e suas especificações, assim como estabelecer uma metodologia de medição das obras. Além disso, realizou-se o registro fotográfico e a modelagem em 3D no *software* SolidWorks de forma generalizada para cada tipo de obra de arte. No quadro 1, é apresentada uma exemplificação das obras de arte encontradas no perímetro do Arroio Duro.

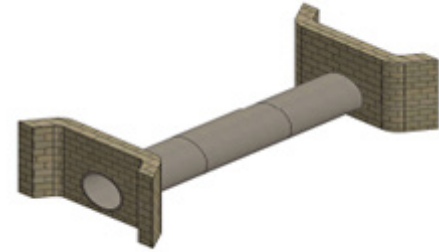
Considera-se seis tipos distintos de obras identificados no perímetro: bueiros tubulares ou celulares, pontes, elevadoras de nível, saltos, tomadas d'água, transposição de trecho de canal e sifões invertidos. Cada obra apresentou variações nas dimensões, quantidades de comportas (se houver) e tipo de material utilizado na construção das peças. Essas informações foram esquematizadas em um banco de dados em planilhas eletrônicas, separadas por canais de irrigação e contando por vezes com observações em relação ao estado em que se encontrava a obra.

Quadro 1 – Exemplificação das obras de arte encontradas no perímetro e sua respectiva modelagem 3D.

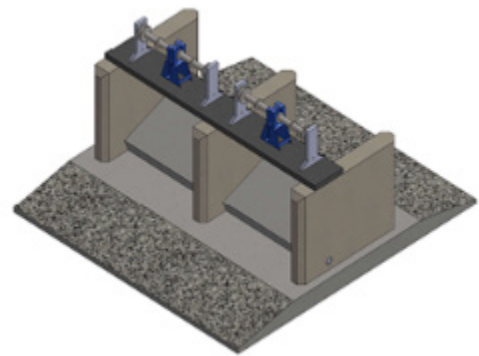
REGISTRO FOTOGRÁFICO

MODELAGEM 3D

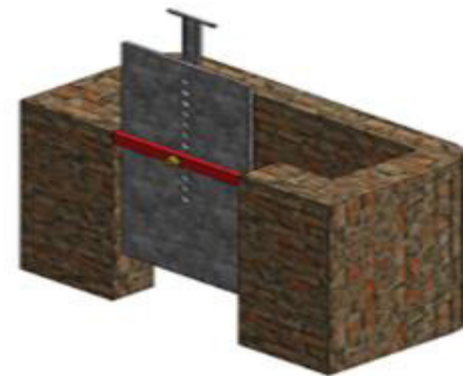
BUEIRO



ELEVADORA DE NÍVEL



TOMADA DE ÁGUA



SALTO



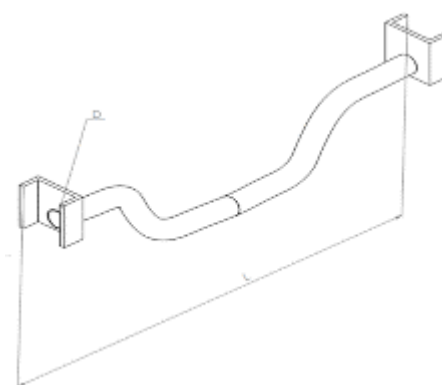
REGISTRO FOTOGRÁFICO

MODELAGEM 3D

PONTE



SIFÃO INVERTIDO



Fonte: autores.

Na tabela 1 é apresentado o resumo das obras de arte nos canais de irrigação do perímetro, pormenorizando em relação ao tipo de material e à presença ou ausência de alvenaria suporte das peças.

Tabela 1 - Resumo das obras de arte dos canais de irrigação do Perímetro do Arroio Duro.

OBRA DE ARTE	MATERIAL	CI-0	CI-1	CI-2	CI-3	CI-4	CI-5	TOTAL
Bueiro tubular	Concreto	88	100	82	127	29	29	455
Bueiro tubular	PVC	10	11	13	52	2	13	101
Bueiro tubular	Latão	-	1	1	-	1	-	3
Bueiro celular	Concreto	1	-	4	-	1	-	6
Elevadora de nível	Aço	8	10	4	7	2	-	31
Ponte	Concreto	9	8	4	5	1	-	27
Ponte	Madeira	32	5	15	7	5	3	67
Saltos	Alvenaria	209	71	66	134	49	37	566
Sifão	Concreto	4	2	10	7	-	6	29
Sifão	Ferro	-	-	1	-	-	1	2
Sifão	PVC	-	-	1	3	3	-	7
Tomadas de água	Alvenaria	164	201	112	236	40	30	783
Tomadas de água	Sem Alvenaria	86	112	67	115	7	53	440
Transposição	PVC	11	8	22	14	11	83	149
Total		534	529	402	707	151	255	2666

Fonte: autores.

EXTENSÕES E ÁREAS DOS CANAIS DE IRRIGAÇÃO E DA BARRAGEM

A tabela 2 apresenta um resumo dos canais de irrigação, quanto aos seus valores de comprimento (em km), totalizando, cerca de 301,2 km. A tabela 2 mostra que os canais de irrigação são distribuídos em canais principais, secundários, terciários e quaternários.

Tabela 2 - Comprimento dos canais de irrigação.

CANAL DE IRRIGAÇÃO	PRINCIPAL	SECUNDÁRIO	TERCIÁRIO	QUATERNÁRIO	TOTAL
	(km)				
CI-AD	1,0	-	-	-	1,0
CI-BOMBA	3,8	-	-	-	3,8
CI-0	17,2	58,2	16,1	0,9	92,5
CI-1	26,0	32,3	19,7	7,1	85,0
CI-2	26,4	35,5	9,1	-	71,0
CI-3	22,4	42,2	14,9	0,2	79,6
CI-4	9,3	11,2	2,6	-	23,1
CI-5	11,1	14,5	4,5	-	30,1
Total	91,5	161,5	47,2	1,0	301,2

Fonte: autores.

Embora os canais secundários sejam em menor número, os mesmos apresentam maior comprimento (161,5 km). Já os canais quaternários encontram-se apenas no CI-0 e CI-3, com uma extensão de 1,0 km.

O canal CI-0 é o mais extenso do Perímetro, contendo cerca de 30,7% da totalidade do comprimento dos canais de irrigação. Em alguns trechos este canal encontra-se paralelo à RS-350, fornecendo água para a irrigação em áreas localizadas do outro lado da via, através de bueiros sob a estrada.

As áreas dos canais de irrigação estão apresentadas na tabela 3. Para o cálculo destas áreas foi considerado que cada canal tem 4 metros de cada lado, como área de domínio do perímetro para atividades de manutenção.

Tabela 3 - Área de domínio de cada canal de irrigação.

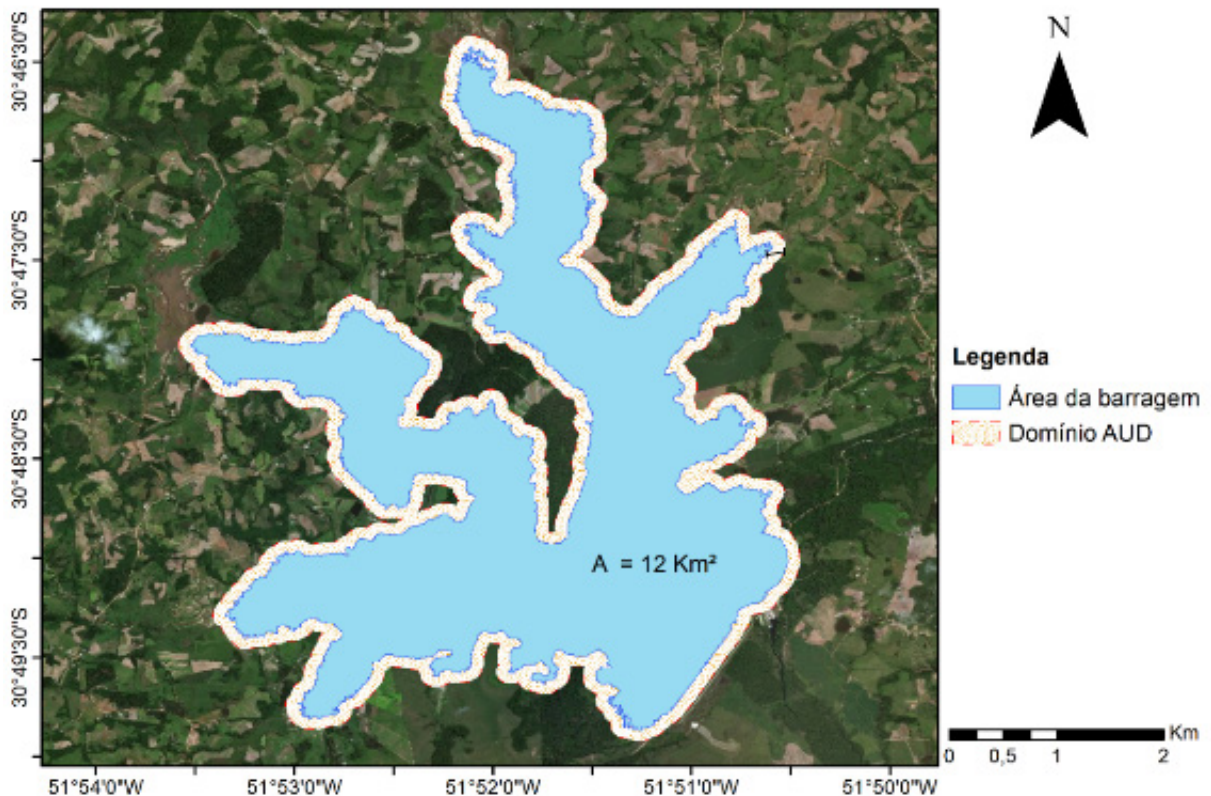
CANAL DE IRRIGAÇÃO	PRINCIPAL	SECUNDÁRIO	TERCIÁRIO	QUATERNÁRIO	TOTAL
	(km ²)				
CI-AD	0,01	-	-	-	0,01
CI-BOMBA	0,03	-	-	-	0,03
CI-0	0,14	0,47	0,13	0,01	0,74
CI-1	0,24	0,29	0,22	0,07	0,82
CI-2	0,21	0,28	0,07	-	0,57
CI-3	0,18	0,34	0,12	0,00	0,64
CI-4	0,07	0,09	0,02	-	0,18
CI-5	0,09	0,12	0,04	-	0,24
Total	0,73	1,29	0,38	0,01	2,41

Fonte: autores.

De maneira análoga ao comprimento dos canais, as áreas maiores também se referem ao canal CI-0 (0,74km²), totalizando para todos os canais, cerca de 2,41km² de área de domínio da AUD.

A área de alagamento da barragem foi calculada mediante metodologia previamente descrita, através de imagens de satélite, totalizando em 12km². Considerando que a área de domínio da AUD extrapola em 100m da área de alagamento, (Fig. 4), soma-se, portanto, aproximadamente 14,6km² de área de contribuição e domínio da AUD.

Figura 4 – Área de alagamento da barragem do arroio Duro.



Fonte: autores.

Desta forma, a área de domínio da AUD em todo o perímetro irrigado, considerando a barragem e os canais de irrigação é de 17km².

PROBLEMAS E PROPOSIÇÕES PARA REVITALIZAÇÃO DO PERÍMETRO

Foi gerado um relatório contemplando a caracterização das obras civis e equipamentos estacionários e contabilizadas as obras de arte e respectivas necessidades de revitalização (Tab. 4).

Tabela 4 - Contabilização de obras de arte e necessidades de revitalização.

TIPO DE REVITALIZAÇÃO	BUEIROS	SIFÕES INVERTIDOS	TRANSPOSIÇÕES	SALTOS	ELEVADORAS DE NÍVEL	PONTES	TOMADAS D'ÁGUA
Reconstrução total	1	1	-	0	0	6	13
Construção de bocas (muros e alas)	1	0	-	-	-		
Substituição por tubos	1	0	-	-	-		
Substituição por sifão invertido	-	-	135	-	-		
Reparos	6	5	-	110	5	2	25
Enrocamento	0	0	-	124	18		
Substituição de peças	-	-	-	-	0	-	65
Construção de muro de alvenaria	-	-	-	-	0	0	0
Total de obras	565	38	149	566	39	94	1223

Fonte: autores.

De uma maneira global a infraestrutura encontra-se em boas condições de integridade estrutural, funcionalidade e operação. As intervenções necessárias se caracterizam mais como manutenção, não sendo necessários projetos para reconstrução de obras de grande porte, com exceção da comporta da Divisa, onde é captada água do Rio Camaquã. Algumas obras de arte necessitam ser periodicamente reconstruídas e algumas substituídas por obras mais adequadas, como é o caso da substituição das transposições por sifões invertidos.

Todas as intervenções necessárias para manutenção preventiva e corretiva vêm sendo executadas exitosamente, inclusive com inovações importantes por parte das equipes de manutenção e obras. Da mesma forma as obras de pequeno porte são continuamente realizadas para manter o correto funcionamento da infraestrutura do perímetro. Durante a execução das atividades do presente trabalho ocorreram problemas nos equipamentos da barragem e do perímetro que foram prontamente enfrentados e solucionados pelas equipes da AUD.

Dentre os problemas enfrentados recentemente, destaca-se o travamento da válvula difusora da barragem, que poderia ter acarretado a interrupção total da vazão do Arroio Duro, que também abastece a cidade de Camaquã. Foi verificado que o travamento não teve como causa as horas totais de uso, tampouco a falta de manutenção. Por não haver documentação técnica sobre procedimentos e memorial descritivo da mesma, mesmo sendo realizada adição periódica de fluido lubrificante pelos operadores, ocorreu desgaste dos sistemas de vedação e lubrificação interna dos componentes mecânicos do sistema de abertura e fechamento. O lubrificante não chegava a todas as partes móveis e, conseqüentemente, ocorreu desgaste prematuro de uma parte do sistema. Desta forma fica evidente a necessidade de uma descrição detalhada de mecanismos específicos, como a referida válvula do túnel de fundo da barragem, a fim de subsidiar as equipes de manutenção para que as mesmas sejam efetivas na manutenção do funcionamento de componentes importantes em termos de segurança e sustentabilidade. Desta forma fica recomendada a edição de um memorial descritivo dos

componentes internos da válvula difusora e programa de ações de manutenção preventiva, incluindo desmontagem para retificação ou substituição de componentes do sistema de lubrificação e vedação.

RESULTADOS DA ETAPA 2.2

Os clientes do projeto foram definidos como sendo os agricultores e empresários irrigantes, aguadores (profissionais que fazem a operação da irrigação no interior das lavouras) e niveladores (executores de curvas de nível, marachas), irrigadores (operadores da infraestrutura dos canais), gestores da AUD, colaboradores das equipes da AUD, população e MDR. Os RC's, em ordem decrescente de importância e respectivas categorias, resultado da valoração obtida aplicando-se o Diagrama de Mudge, são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valoração dos requisitos de clientes pelo Diagrama de Mudge.

CLASSIFICAÇÃO	PONTUAÇÃO	PERCENTUAL	REQUISITO DE CLIENTE	CATEGORIA
1º	86	14,19%	Ter frota renovada	10
2º	66	10,89%	Ter drenagem para soja e milho	7
3º	64	10,56%	Ser rápida na execução de obras	7
4º	63	10,40%	Ter menor solicitação de APP	7
5º	59	9,74%	Ter mecanismos fáceis de acionar	6
6º	56	9,24%	Ter baixa invasão de posseiros	6
7º	50	8,25%	Estar enquadrada na LPB	5
8º	39	6,44%	Ter vazão suficiente no levante da Divisa	3
9º	30	4,95%	Ter baixa inadimplência	2
10º	28	4,62%	Ter baixo impacto na população urbana	2
11º	25	4,13%	Ter baixo custo de energia	1
12º	20	3,30%	Ter pouco assoreamento	1
13º	20	3,30%	Ter pouca vegetação sobre canais	1

Fonte: autores.

Os Requisitos de Projeto obtidos foram: realocação de drenagem urbana, pois atualmente há excessivo assoreamento do Arroio Duro por sedimentos oriundos da cidade de Camaquã; comprovação documental histórica, necessária para impedir cobranças de APP às margens dos canais artificiais pela FEPAM; aquisição de máquinas, para ampliar e/ou renovar a frota; Equipes de obras, para aumentar a velocidade de execução de obras; uso de água para irrigação, para aumentar a capacidade de irrigação; automação de acionamentos, para aumentar a eficiência de irrigação e facilitar a operação do perímetro; geração fotovoltaica, para reduzir o custo com energia elétrica; eficiência energética, para reduzir o consumo de energia elétrica nos bombeamentos d'água; vazão da ponte do Arroio Duro, para evitar inundações à montante

da mesma; etapas exigidas na Lei de Proteção de Barragens, para enquadramento na lei; redimensionamento da infraestrutura de drenagem para as culturas de soja e milho, para efetivar a cobrança por este serviço; capacidade operacional de desassoreamento, para manter os canais com as capacidades nominais de drenagem por mais tempo ao longo da safra; capacidade operacional de limpeza de vegetação, para manter os canais limpos e acessíveis visualmente em todo o tempo; área de seção da comporta do levante da Divisa, para possibilitar a ligação de todos os conjuntos de bombas ao mesmo tempo nos períodos de estiagem prolongada; cursos de capacitação, para os clientes do projeto empregarem técnicas e conhecimentos atualizados nas atividades do dia a dia; custo operacional e custo de manutenção, para reduzir a demanda de receita; práticas conservacionistas, para diminuir o aporte de sedimentos das lavouras nos canais; área atendida pelo perímetro e cobrança pelo serviço de drenagem, para aumentar a receita, dos quais a hierarquização é apresentada na tabela 6.

Tabela 6 - Hierarquização dos requisitos de projeto pelo QFD.

CLASSIFICAÇÃO	REQUISITOS DE PROJETO	UNIDADE	OBJETIVO
1	Redimens. infraestrutura drenagem p/ soja e milho	%	↑
2	Custo operacional	R\$/safra	↓
3	Custo de manutenção	R\$/safra	↓
4	Área atendida com irrigação e drenagem	ha	↑
5	Cobrança pelo serviço de drenagem	ha	↑
6	Equipes de obras	nº	↑
7	Capacidade operacional de desassoreamento	m/h	↑
8	Uso de água para irrigação	m ³ /ha	↓
9	Aquisição de máquinas	nº	↑
10	Capacidade operacional de limpeza de vegetação	m/h	↑
11	Comprovação documental histórica	canais	↑
12	Realocação de drenagem urbana	%	↑
13	Área de seção da comporta do levante da Divisa	m ²	↑
14	Cursos de capacitação	h/ano	↑
15	Etapas exigidas na LPB	nº	↑
16	Automação de acionamentos	%	↑
17	Geração fotovoltaica	kWh/safra	↑
18	Eficiência energética	m ³ /kWh	↑
19	Práticas conservacionistas	nº	↑
20	Vazão da ponte do Arroio Duro	m ³ /s	↑

Fonte: autores.

O emprego das ferramentas QFD e Diagrama de Mudge proporcionaram uma percepção global e sistematizada, livre de preferências individuais, gerando um resultado qualiquantitativo isento de vícios. As ações prioritárias envolvem adequação para drenagem de lavouras de sequeiro, redução de custos e aumento de receita, balizados principalmente no atendimento de novas áreas e na cobrança pelo serviço de drenagem. Ações intermediárias demandam cobrança ou contratação externa para realização de serviços e treinamento, além de investimento na infraestrutura. Já as ações menos urgentes, embora necessárias, estão relacionadas a investimento em novas tecnologias, envolvendo automação, e projetos direcionados também à segurança da Barragem do Arroio Duro.

Quanto ao inventário houve um acréscimo no total de obras previamente contabilizadas pela AUD, demonstrando que havia falta de dados sobre as mesmas. Quanto ao estado das infraestruturas há um processo dinâmico das suas condições, devido à deterioração natural, à manutenção constante das mesmas e construção de novas obras. Na caracterização das obras de arte e equipamentos estacionários constatou-se que estes seguem as premissas convencionais de engenharia, configurando uma cadeia lógica de disposição e atuação de cada infraestrutura. Em relação aos problemas enfrentados na gestão do perímetro, além das demandas operacionais tradicionais, surgiram questões conflituosas relacionadas ao convívio com populações urbana e rural, cobranças ambientais julgadas improcedentes, além de preocupação com a segurança da barragem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentado neste artigo foi o resultado de um projeto cujo objetivo geral é a verificação do real estado da infraestrutura do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro, assim como prever as melhorias necessárias para o funcionamento adequado da estrutura. No presente estudo são apresentados alguns resultados da avaliação do perímetro, tais como contabilização das obras de artes nos canais de irrigação e drenagem, assim como as áreas de domínio público do perímetro, composta pela área de inundação da barragem e as áreas dos canais de irrigação.

Paralelamente às redes de canais principais e secundários de irrigação, existe a rede de canais de drenagem, que coleta o excesso das águas de irrigação, assim como aquelas provenientes do excesso das precipitações pluviais. Os canais de drenagem possuem também comportas reguláveis, utilizadas para a transferência da lâmina de água para os canais de irrigação, permitindo dessa forma, o aproveitamento da mesma. As águas coletadas pelos drenos, durante o período de irrigação, estão na ordem de 30%, daquela fornecida na entrada das lavouras, o que permite o incremento nas áreas irrigadas.

O perímetro de irrigação possui uma barragem de maciço de terra com cerca de dois milhões de m³ de água, com comprimento de crista de 1.450 m e um sistema extravasor contendo um vertedouro do tipo retangular de parede espessa, com crista nas cotas máxima e mínima de 60,83 e 40,0 m, respectivamente. Além disso apresenta seis canais principais, cujo comprimento total é de 91,5 km. Considerando os canais secundários, terciários e quaternários vinculados aos principais, a extensão total de canais de irrigação é de 301,2 km. Quanto às áreas de domínios dos canais de irrigação, esta é de 3,24 km².

Nos canais de irrigação encontram-se as seguintes obras de arte: bueiro, elevadora de nível, ponte, saltos, sifão e transposição. Foram contabilizados 565 bueiros, 31 elevadoras de nível, 94 pontes, 566 saltos, 38 sifões, 1223 tomadas de água e 149 transposições.

De uma maneira global a infraestrutura do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro encontra-se em boas condições de integridade estrutural, funcionalidade e operação. As intervenções necessárias se caracterizam mais como manutenção, não sendo necessários projetos para reconstrução de obras de grande porte.

As ações prioritárias para revitalização envolvem a drenagem de lavouras de sequeiro, redução de custos, aumento de receita, contratação externa para realização de serviços e treinamento, além de investimento em novas tecnologias, tais como, automação e a priorização na segurança da Barragem do Arroio Duro.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013. **Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12787.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.
- CUNHA, N. G. *et al.* **Estudo dos solos do banhado do Colégio**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001.
- FEITOSA, A. C. F. *et al.* **Desafios para a transferência de gestão dos perímetros públicos de irrigação**: proposta para a efetiva emancipação. [Brasília]: Ministério da Integração Nacional, 2014.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Perímetro no Rio Grande do Sul adota modelo de reuso da água**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2014/10/perimetro-no-rio-grande-do-sul-adota-modelo-de-reuso-da-agua>. Acessado em: 10 abr. 2019.
- PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE**. Rio de Janeiro, v. 43, p. 1-62, 2016.
- ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido com apoio financeiro do Ministério de Desenvolvimento Regional - MDR.

Data de recebimento: 20 de maio de 2019.

Data de aceite para publicação: 26 de julho de 2019.