FutureWater

Analise de produtividade de água: Epoca de irrigação 2020

Projeto APSAN-Vale

RELATÓRIO 218

CLIENTE **Agência de Desenvolvimento do Vale Zambeze (ADVZ)**

AUTORES **Jonna van Opstal**
Martijn de Klerk
Alexander Kaune
Corjan Nolet
Jack Beard

DATA **Janeiro 2021**

Analise de produtividade de água: Epoca de irrigação 2020

Projeto APSAN-Vale

Relatório FutureWater 218

Cliente
Agência de Desenvolvimento do Vale Zambeze (ADVZ)

Autores
Jonna van Opstal - Especialista Sênior em Produtividade da Água (j.vanopstal@futurewater.nl)
Martijn de Klerk - Perito em sensores de voo, Project Manager (m.deklerk@futurewater.nl)
Alexander Kaune - Agro-hidrologista (a.kaune@futurewater.nl)
Corjan Nolet - Perito em Sensoriamento Remoto e GIS (c.nolet@futurewater.nl)
Jack Beard - Consultor (j.beard@futurewater.nl)

Parceiros do projecto APSAN-Vale
Resiliência B. V.
HUB

Data
Janeiro 2021

Adenda adicionada em
Junho de 2021

FutureWater

ENDEREÇO
FutureWater B.V.
Costerweg 1V
6702 AA Wageningen
Países Baixos

TELEPHONE
+31 317 460 050
WEBSITE
www.futurewater.eu

Prefácio

O projecto APSAN Vale tem como objectivo global aumentar a produtividade agrícola resistente ao clima e a segurança alimentar, com um objectivo específico de aumentar a produtividade e rentabilidade da água dos pequenos agricultores em Moçambique, dando prioridade aos pequenos agricultores (do sector familiar) para aumentar a segurança alimentar e nutricional. Este projecto irá demonstrar quais são as melhores combinações de estratégias de adopção e pacotes tecnológicos, com o maior impacto global em termos de Produtividade da Água, tanto ao nível da parcela, sub-bacia como ao nível da bacia.

O principal papel da FutureWater é monitorar a produtividade da água em áreas alvo (tanto espacial como variação sazonal/anual) usando dados de sensoriamento remoto de Sensores Voadores (drones) em combinação com um modelo de simulação de produtividade da água e observações de campo, e o portal de dados de produtividade da água WaPOR da FAO.

Este relatório mostra a análise da produtividade da água para a época de irrigação de 2020 em três locais diferentes em Moçambique. Esta análise é crucial para avaliar o impacto das intervenções de campo na produtividade da água.

Sumário

Os agricultores procuram as melhores práticas que possam alcançar maiores rendimentos agrícolas e, portanto, lucros e segurança alimentar. Com recursos limitados como a água, o aumento da produção precisa ser considerado por unidade de água consumida, o que é expresso no termo Produtividade da Água. A produtividade da água pode ser usada como um indicador de desempenho para monitorar mudanças em uma área agrícola (em nível de parcela, fazenda ou sistema de irrigação). A produtividade da água pode indicar se a intervenção implementada teve um impacto positivo ou negativo sobre o uso da água ou se permaneceu inalterada. Este relatório fornece uma avaliação da produtividade da água durante o período de crescimento da irrigação de 2020 (abril a outubro) para as áreas do projeto APSAN-Vale.

À escala do campo, a produtividade da água específica da cultura é calculada utilizando sensores voadores (zangões) e simulações do modelo AquaCrop. Os sensores voadores utilizados são equipados com uma câmara quase infravermelha para detecção do estado da vegetação. Estas imagens são processadas e traduzidas para valores de cobertura do dossel. Na AquaCrop os dados do campo e a cobertura do dossel dos sensores voadores são usados para simular as práticas agrícolas de cada campo, para determinar o rendimento e a produtividade da água. Na escala de sub-bacia e bacia, a produtividade da água da biomassa é calculada usando dados do portal de dados de produtividade da água WaPOR da FAO.

Durante a época de irrigação foram realizados 170 voos de monitoramento dos campos de 42 PPC's (pequenos agricultores comerciais), cobrindo um total de 840 ha. O número de agricultores monitorados neste relatório para a análise da produtividade da água em escala de campo é de 32 no total, sendo quinze em Báruè, nove em Moatize e oito em Nhamatanda. Para um total de 67 campos é calculada uma produtividade de água específica para os principais tipos de culturas: tomate, couve, batata, cebola, feijão e milho. Os resultados das imagens dos sensores voadores adquiridos ao longo da estação são apresentados em mapas de campo impressos e também partilhados através do nosso portal online (https://www.futurewater.eu/apsanvaleportal/), que permite aos técnicos de campo, agricultores e outras partes interessadas aceder aos mapas no campo. Os mapas de cobertura do dossel e de produtividade da água criados para este relatório também estarão acessíveis neste portal de dados online.

A produtividade da água do tomate em escala de campo variou de 0,83 a 1,61 kg/m3 em Nhamatanda, 1,80 a 2,37 kg/m3 em Moatize, e 0,77 a 1,24 kg/m3 em Báruè. Após a normalização das condições climáticas, o aumento da produtividade da água foi de -7% em Báruè, 19% em Moatize e 15% em Nhamatanda, resultando em um aumento médio de 9% em comparação com os valores de base. Báruè foi observada como sendo menor devido à sensibilidade do alagamento dos solos argilosos, que foram simulados na AquaCrop, mas supõe-se que não tenham o mesmo efeito na realidade. A produtividade da água da couve em escala de campo indicou um aumento de 23%, 31% e 30% para Báruè, Moatize e Nhamatanda, respectivamente. O aumento global da produtividade da água do repolho foi de 28%. O aumento da produtividade da água na escala de campo calculado para todas as culturas (tomate, repolho, batata e cebola) deu uma média de 25% para Báruè, 23% para Moatize, e 61% para Nhamatanda. Em geral, a produtividade da água na escala do campo aumentou com 33% em comparação com a linha de base.

Na escala da sub-bacia foi analisada uma área de 30 ha ao redor de cada PPC. Esta é uma área representativa para avaliar a adoção de práticas pela comunidade agrícola do entorno. A produtividade da água da biomassa foi comparada com valores de base, e indicou um aumento que variou de 11% em Báruè a 15% em Nhamatanda, e 44% em Moatize. Na escala da bacia, a produtividade da água foi determinada usando o portal de dados WaPOR que fornece valores sobre a produtividade da água de biomassa, para a qual a delimitação da bacia de cada distrito foi usada como limite da bacia. Estes

valores são comparados com a avaliação de base e determinaram um aumento da produtividade da água de 5%, 50%, e 20% para Báruè, Moatize, e Nhamatanda, respectivamente. O aumento médio na produtividade da água de biomassa foi de 25% para todos os distritos em conjunto.

Tanto a análise da produtividade da água à escala de campo como a análise à escala da bacia indicam uma melhoria da produtividade da água e o cumprimento da meta estabelecida para 2020 de 15%, tal como indicado no quadro lógico do projecto.

Conteúdo

Sumário **4**

Tabelas **8**

Figuras **9**

1 Introdução **10**
1.1 Conceito de produtividade da água 10
1.2 Projeto APSAN-Vale 10
1.2.1 Descrição 10
1.2.2 Indicadores Logframe 11
1.3 Visão geral da estação 12
1.4 Guia de Leitura 12

2 Metodologia **13**
2.1 Localização dos projetos 13
2.1.1 Pequenos Produtores Comerciais (Pequenos Produtores Comerciais, PPC's) 13
2.1.2 Sub-bacias / comunidades locais 13
2.1.3 Bacias 15
2.2 Abordagem 15
2.2.1 Produtividade específica das culturas de água 16
2.2.2 Produtividade da água da biomassa 17
2.3 Imagem do sensor voador 17
2.3.1 Equipamento sensor voador 17
2.3.2 Aquisição de imagens 18
2.3.3 Processamento de imagens 18
2.4 Modelação de simulação de culturas 19
2.4.1 AquaCrop 19
2.4.2 Dados de entrada 20
2.4.3 Processo de calibração 22
2.5 Conjuntos de dados WaPOR 22
2.5.1 Evapotranspiração real 23
2.5.2 Produção de biomassa 23
2.5.3 Camadas suplementares 23
2.6 Normalização para condições climáticas anuais 23

3 Resultados do tempo sazonal **25**
3.1 Evapotranspiração de referência 25
3.2 Precipitação 26

4 Resultados da Produtividade da Água em Escala de Campo **28**
4.1 Imagens de sensores voadores 28
4.1.1 Mapas de campo para registro 28
4.1.2 Mapas de campo para monitorização da vegetação 28
4.1.3 APSAN-Vale Flying Sensor portal 29
4.2 Cobertura do dossel 30
4.3 Produtividade da água da AquaCrop 31
4.4 Mapas de produtividade da água de campo 33

5 Resultados da Produtividade da Água em Escala de Sub-bacia 38

6 Resultados da Produtividade da Água em Escala de Bacia 39

7 Avaliação da Produtividade Sazonal da Água 41
7.1 Avaliação da produtividade da água a nível de campo 41
7.2 Avaliação da produtividade da água na escala da sub-bacia 44
7.3 Avaliação da produtividade da água à escala da bacia 44

8 Observações finais 45

Anexo 1 - Visão geral dos dados de entrada 46

Anexo 2 - Mapas de produtividade da água da sub-bacia 48

Adenda junho de 2021 - Valores atualizados de análise da produtividade da água para Báruè 50
Introdução 50
Atualizar para parâmetros de entrada 50
Resultados atualizados 50

Tabelas

Tabela 1 Indicadores de Logframe relacionados com a Produtividade da Água 12
Tabela 2 Resumo do número de voos efectuados e dos agricultores monitorizados durante a época de irrigação de 2020 12
Tabela 3 Visão geral dos voos e da área durante a época de irrigação de 2020 18
Tabela 4 Parâmetros calibrados para culturas seleccionadas em Báruè, Moatize e Nhamatanda 21
Tabela 5 Textura do solo em cada distrito 22
Tabela 6 Evapotranspiração total de referência sazonal para os três distritos durante a época de irrigação de 2020, e média de longo prazo (2001-2018) época de irrigação 26
Tabela 7 Resultados da produtividade da água da AquaCrop e da colheita, e mudança percentual da produtividade da água em comparação com a linha de base para os agricultores de Nhamatanda 32
Tabela 8 Resultados da produtividade da água da AquaCrop e da colheita, e mudança percentual da produtividade da água em relação à linha de base para os agricultores de Moatize 32
Tabela 9 Resultados da produtividade da água da AquaCrop e da colheita, e variação percentual da produtividade da água em relação à linha de base para os agricultores de Báruè* 33
Tabela 10 Resultados médios da análise da produtividade da água das sub-bacias utilizando o portal de dados WaPOR 38
Tabela 11 Resumo das estatísticas de produtividade da água, evapotranspiração e produção de biomassa para as bacias hidrográficas de distritos de projectos seleccionados 39
Tabela 12 Produtividade normalizada da água do tomate (em kg/m3) e rendimento fresco (em ton/ha) para a época de irrigação de 2020, em comparação com a linha de base 42
Tabela 13 Produtividade da água de repolho normalizada (em kg/m3) e rendimento fresco (em ton/ha) para a estação de irrigação de 2020, em comparação com a linha de base 42
Tabela 14 Mudança geral na produtividade da água para a estação de irrigação de 2020 em comparação com a linha de base para todos os principais tipos de culturas (tomate, couve, batata e cebola), ponderada pelo número de parcelas, conforme indicado entre parênteses 43
Tabela 15 Produtividade da biomassa normalizada da água para sub-bacias e a mudança com os valores de base 44
Tabela 16 Produtividade da água de biomassa (kg/m3) para a estação de irrigação de 2020 à escala da bacia, em comparação com a linha de base 44
Tabela 17 Dados de entrada de campo de Báruè 46
Tabela 18 Dados de entrada de campo de Moatize 47
Tabela 19 Dados de entrada de campo de Nhamatanda 47
Tabela 20 Textura atualizada do solo para Báruè. 50
Tabela 21 Produtividade normalizada da água do tomate (em kg/m^3) e rendimento fresco(em tonelada/ha) para a época de irrigação 2020 em comparação com a linha de base 51
Tabela 22 Produtividade normalizada da água da couve (em kg/m^3) e rendimento fresco(em tonelada/ha) para a época de rega 2020 em comparação com a linha de base 51
Tabela 23 Alteração geral da produtividade da água para a época de irrigação 2020 em comparação com a linha de base para todos os principais tipos de culturas de irrigação (tomate, couve, batata e cebola) ponderados pelo número de parcelas como indicado nos parênteses 52
Tabela 24 Resultados da produtividade da água do AquaCrop e do rendimento das culturas, e por cento de variação da produtividade da água em comparação com a linha de base para os agricultores de Báruè 53

Figuras

Figura 1 Localização dos distritos das actividades do projecto APSAN-Vale 11
Figura 2 Localização de PPC's selecionados monitorados com vôos de sensores voadores durante a estação de irrigação 2020 13
Figura 3 Localização e limites das comunidades locais (nível de sub-bacia) no distrito de Moatize 14
Figura 4 Localização e limites das comunidades locais (nível de sub-bacia) no distrito de Nhamatanda 14
Figura 5 Localização e limites das comunidades locais (nível de sub-bacia) no distrito de Báruè 15
Figura 6 Delimitação das bacias e linhas de racionalização para os três distritos 16
Figura 7 Fluxo de trabalho para o cálculo da análise da produtividade da água específica da cultura 16
Figura 8 Fluxo de trabalho para análise da produtividade da água de biomassa 17
Figura 9 Foto do sensor voador em acção 17
Figura 10 Ilustração que explica a resposta do comprimento de onda do infravermelho próximo (NIR) ao estado da vegetação 18
Figura 11 Dados de campo e simulações de saída do modelo AquaCrop. 20
Figura 12 Característica do solo em Moatize. 22
Figura 13 Evapotranspiração média de referência de cinco dias para os três distritos durante a época de irrigação de 2020 a partir das estações TAHMO e dados suplementares WaPOR para Moatize 25
Figura 14 Comparação da evapotranspiração mensal de referência 2020 com a média de longo prazo (2009-2018) com o produto do portal de dados WaPOR 26
Figura 15 Precipitação diária durante a estação de irrigação de 2020 a partir do produto de dados de satélite CHIRPS 27
Figura 16 Comparação da precipitação mensal de 2020 com a média de longo prazo (2001-2018) com CHIRPS 27
Figura 17 Mapa de registo de campo do PPC (pequeno agricultor comercial) Alberto L. no distrito de Moatize 28
Figura 18 Desenvolvimento do estado da vegetação do PPC (pequeno agricultor comercial) Alberto L (em Moatize) 29
Figura 19 Screenshot do APSAN-Vale Flying Sensor Portal, mostrando a opção de selecionar um mapa no lado esquerdo, o mapa de status da vegetação no meio e alguns comentários de exemplo na seção direita 29
Figura 20 Desenvolvimento da cobertura do dossel sobre dois campos de batatas (PPC Naume em Báruè) para quatro datas de voo 30
Figura 21 Cobertura do dossel curvilíneo do PPC Naume em Báruè utilizando a cobertura do dossel determinada a partir de quatro voos de sensores voadores (indicados com círculos) e a data de plantio (indicada como primeiro círculo no Dia 0) 31
Figura 22 Mapas de produtividade da água de campo de Nhamatanda para PPC's selecionados para os principais tipos de culturas 35
Figura 23 Mapas de produtividade da água de campo de Báruè para os PPC's selecionados para os principais tipos de cultura 36
Figura 24 Mapas de produtividade da água do campo de Moatize PPC's selecionados para os principais tipos de culturas 37
Figura 25 Produtividade sazonal da água de biomassa para pixels de terras de cultivo em Moatize, Báruè e Nhamatanda na escala da bacia utilizando o portal de dados WaPOR 40
Figura 26 Mapa em escala de sub-bacia da produtividade da água da biomassa em Nhamatanda usando dados do portal WaPOR 48
Figura 27 Mapa em escala de sub-bacia da produtividade da água da biomassa em Báruè utilizando dados do portal WaPOR 49
Figura 28 Mapa em escala de sub-bacia da produtividade da água de biomassa em Moatize utilizando dados do portal WaPOR 49

1 Introdução

1.1 Conceito de produtividade da água

A fim de satisfazer as necessidades futuras da produção de alimentos e fibras, os países em desenvolvimento e desenvolvidos precisam se concentrar mais no uso eficiente e sustentável da terra e da água (Bastiaanssen e Steduto, 2017)[1] . Os agricultores têm sido capazes de obter lucros através do aumento da produção agrícola por unidade de terra. No entanto, é fundamental incluir a componente de consumo de água na produção agrícola. Isto permitiria melhorar a produção agrícola por unidade de água consumida.

A produtividade da água consiste em dois componentes: a produção (seja como rendimento da cultura ou biomassa) e a água consumida. O consumo de água ocorre através da evapotranspiração, que é a soma da transpiração da planta através dos estomas das folhas, e da evaporação que ocorre da superfície do solo e da água interceptada pelas folhas (Squire, 2004)[2] . Dentro deste projeto foi selecionado o uso da evapotranspiração (versus aplicação de irrigação), pois ela representa o componente do balanço hídrico que não pode ser reutilizado pelos usuários a jusante no contexto de uma bacia hidrográfica. Os fluxos de retorno das áreas agrícolas (através de escoamento superficial ou subsuperfície) estão disponíveis para reutilização nas áreas a jusante, se a qualidade da água for suficiente. Como tal, a produtividade da água pode ser expressa como tal:

$$Biomass\ water\ productivity\ [kg/m^3] = \frac{Biomass\ production\ [kg]}{Evapotranspiration\ [m^3]}$$

$$Crop\ specific\ water\ productivity\ [kg/m^3] = \frac{Crop\ harvestable\ yield\ [kg]}{Seasonal\ evapotranspiration\ [m^3]}$$

A produtividade da água pode ser usada como um indicador de desempenho para monitorar as mudanças em uma área agrícola (no nível da parcela, fazenda ou sistema de irrigação). Se intervenções são implementadas, a produtividade da água pode indicar se a intervenção teve um impacto positivo ou negativo no uso da água ou se permaneceu inalterada. Além disso, a informação espacial sobre a produtividade da água pode indicar áreas que têm maior desempenho (os primeiros a adotar) e se as práticas são assumidas por outros agricultores.

1.2 Projeto APSAN-Vale

1.2.1 Descrição

O projeto APSAN-Vale começou no final de 2018 e é um projeto de 3,5 anos com o objetivo de: 'Inovações piloto para aumentar a Produtividade da Água e Segurança Alimentar para a Agricultura Resiliente ao Clima no Vale do Zambeze em Moçambique'. A produtividade da água é usada como um indicador para quantificar o impacto das inovações na agricultura de pequenos agricultores. Estas inovações podem ser pacotes técnicos (intervenções e formações), e a adopção de lições aprendidas através da comunicação agricultor-agricultor. A informação sobre a produtividade da água precisa incorporar tanto aspectos temporais como espaciais. As mudanças temporais na produtividade da água indicam se uma intervenção resultou em um aumento da produtividade da água. Os padrões espaciais

[1] Bastiaanssen, W. G. M. e Steduto, P.: A pontuação de produtividade da água (WPS) a nível global e regional: Methodology and first results from remote sensing measurements of wheat, rice and maize, Sci. Total Environ., 575, 595-611, doi:10.1016/j.scitotenv.2016.09.032, 2017.
[2] Escudeiro, G. L.: Produtividade da Água na Agricultura: Limites e Oportunidades de Melhoria. Editado por J. W. Kijne, R. Barker, D. Molden. Wallingford, UK: CABI Publishing (2003), pp. 352, ISBN 0-85199-669-8, Exp. Agric., 40(3), 395-395, doi:10.1017/S0014479704372054, 2004.

na produtividade da água indicam se o conhecimento está sendo adotado na região e aumentou a produtividade geral da água da localidade, e do distrito. As actividades de projecto têm lugar em três distritos, nomeadamente: Báruè, Moatize, e Nhamatanda. Dentro de cada distrito, várias localidades são selecionadas para pilotar inovações. A localização dos distritos e as actividades actuais do projecto são mostradas na Figura 1.

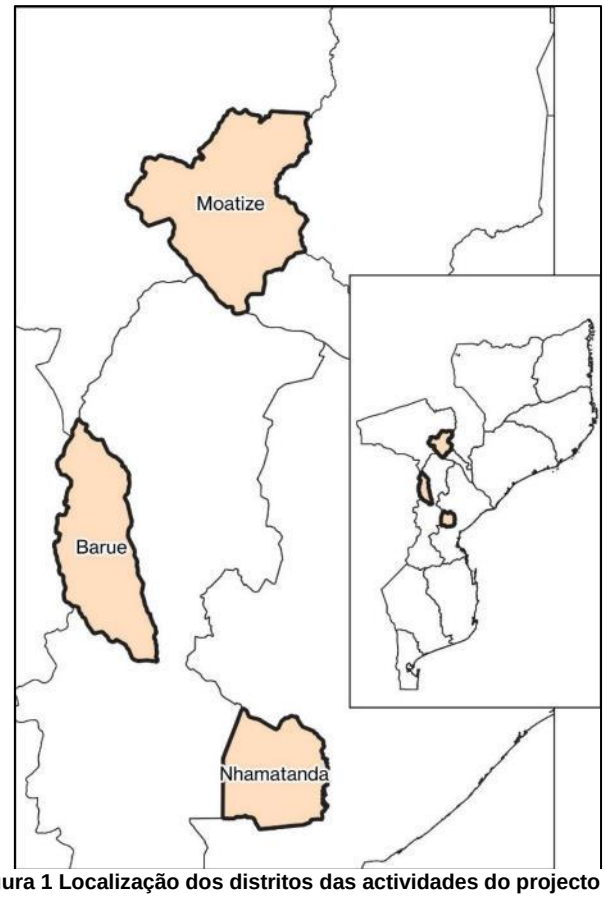

Figura 1 Localização dos distritos das actividades do projecto APSAN-Vale

1.2.2 Indicadores Logframe

Dentro do projeto APSAN-Vale são formulados vários indicadores de quadro lógico. Os indicadores relacionados com a avaliação da produtividade da água estão listados na Tabela 1. Alguns indicadores requerem o cálculo da produtividade da água de uma cultura específica (1.2 e 1.3), enquanto outros indicadores utilizam a produtividade da água da biomassa (1.4). Além disso, os resultados indicam que a produtividade da água é calculada em escalas de campo, sub-bacia e bacia, fornecendo assim os mapas necessários nessas diferentes escalas espaciais. As metas anuais para os resultados da produtividade da água são percentagens de aumento em relação à avaliação de base (Van Opstal e Kaune, 2020) [3]e são indicadas na Tabela 1 como valores cumulativos, enquanto os mapas de produção são o total anual para cada ano.

[3] Van Opstal, J.D., A. Kaune. 2020. Relatório Técnico de Produtividade da Água - Avaliação de base para o projeto APSAN-Vale. Relatório FutureWater 195

Tabela 1 Indicadores de Logframe relacionados com a Produtividade da Água

	#	Indicador	Linha de base	Meta 2019	Meta 2020	Meta 2021
Objetivo	0.3	Aumento da Produtividade da Água	0%	7.5%	15%	25%
Resultado	1.2	Pegada hídrica para determinadas culturas	0%	7.5%	15%	25%
	1.3	Produtividade da água para o milho	0%	7.5%	15%	25%
	1.4	Produtividade da água da biomassa	0%	7.5%	15%	25%
Saídas	1.1.1	# de mapas de nível de campo	0	30	60	60
	1.1.2	# de mapas de nível de sub-bacia	0	10	20	20
	1.1.3	# de mapas de nível de bacia	0	6	12	12

1.3 Visão geral da estação

A época de irrigação começou em abril de 2020 com a plantação da maioria das culturas ocorrendo em maio. Os principais tipos de culturas que são plantadas na época de irrigação são o tomate, *repolho* (*repolho* português e *couve*), batata e cebola. Alguns campos também tinham milho e feijão, que são culturas mais tipicamente da época das chuvas. A estação continua até ao final de Setembro, com a colheita a ocorrer entre Julho e Setembro, dependendo da época de plantio. A precipitação durante esta estação é mínima dependendo do local, portanto a irrigação (suplementar) é necessária. As atividades do sensor de vôo ocorreram com vôos realizados a cada 3-4 semanas com o número total de vôos, área de vôo, e agricultores monitorados, apresentados na Tabela 2. No final, para a análise da produtividade da água, foram utilizados os dados de 32 agricultores.

Tabela 2 Resumo do número de voos efectuados e dos agricultores monitorizados durante a época de irrigação de 2020

	Báruè	Moatize	Nhamatanda	Total
Voos realizados	66	59	45	170
Agricultores monitorados	15	13	14	42
Agricultores monitorados para WP	15	9	8	32
Área coberta	300 ha	260 ha	280 ha	840 ha

1.4 Guia de Leitura

Este relatório técnico fornece os resultados da análise da produtividade da água em escala de campo, em escala de sub-bacia e em escala de bacia, utilizando a Flying Sensor Imagery, a modelação de culturas e a base de dados WaPOR da FAO. O próximo capítulo (capítulo 2) desenvolve a metodologia utilizada para a realização da análise de produtividade da água. O capítulo 3 fornece uma análise das condições meteorológicas durante a estação de crescimento e compara com os anos anteriores. Os capítulos 4, 5 e 6 fornecem os resultados da análise da produtividade da água no campo, sub-bacia e escala da bacia, respectivamente. O capítulo 7 fornece uma avaliação dos resultados da produtividade da água e compara-os com os valores da avaliação de base. O capítulo 8 fornece o resumo e as observações finais.

2 Metodologia

2.1 Localização dos projetos

2.1.1 Pequenos Produtores Comerciais (Pequenos Produtores Comerciais, PPC's)

Para cada distrito foram seleccionados vários pequenos agricultores comerciais (PPC's) para o projecto a fim de implementar numerosas práticas inovadoras (boas práticas) para aumentar a produtividade da água. A maioria dos PPC's seleccionados foram monitorizados com voos com sensores de voo. Em Báruè, Moatize, e Nhamatanda, quinze, treze e catorze PPC's respectivamente foram monitorizados com os sensores de voo. A Figura 2 indica a localização dos PPC's monitorados durante o período de crescimento da irrigação.

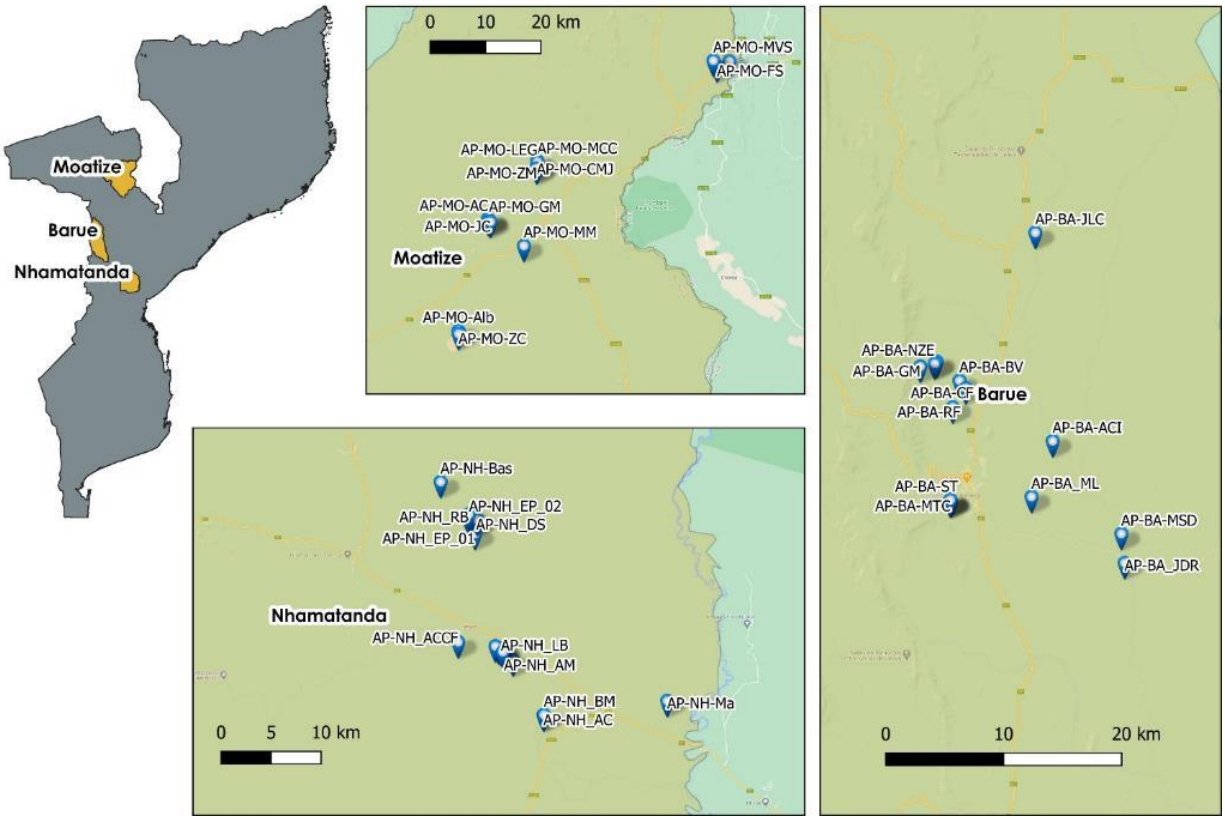

Figura 2 Localização de PPC's selecionados monitorados com vôos de sensores voadores durante a estação de irrigação 2020

2.1.2 Sub-bacias / comunidades locais

A escala da sub-bacia é um nível entre a escala de campo dos PPC's e a escala da bacia, conforme descrito na próxima seção. Para este relatório é seleccionado o nível da sub-bacia no tamanho das comunidades locais que rodeiam os CPP's. O objectivo do projecto APSAN-Vale é aumentar a produtividade da água de várias comunidades através da troca de conhecimentos sobre as intervenções que estão a ser implementadas. Isto é melhor monitorizado a uma escala que capte a mudança das comunidades. A área é selecionada usando um buffer ao redor dos PPC's selecionados de 30 ha. A localização destas comunidades é apresentada nas figuras 3, 4 e, 5 para Moatize, Nhamatanda e Báruè, respectivamente. Cada uma selecionou de 3 a 4 grupos em torno dos PPC's. Para Báruè os PPC's foram mais difundidos, portanto a seleção se baseia nas linhas de racionalização, sendo Catandica I e II comunidades a montante, e Catandica III e IV comunidades relativamente a jusante.

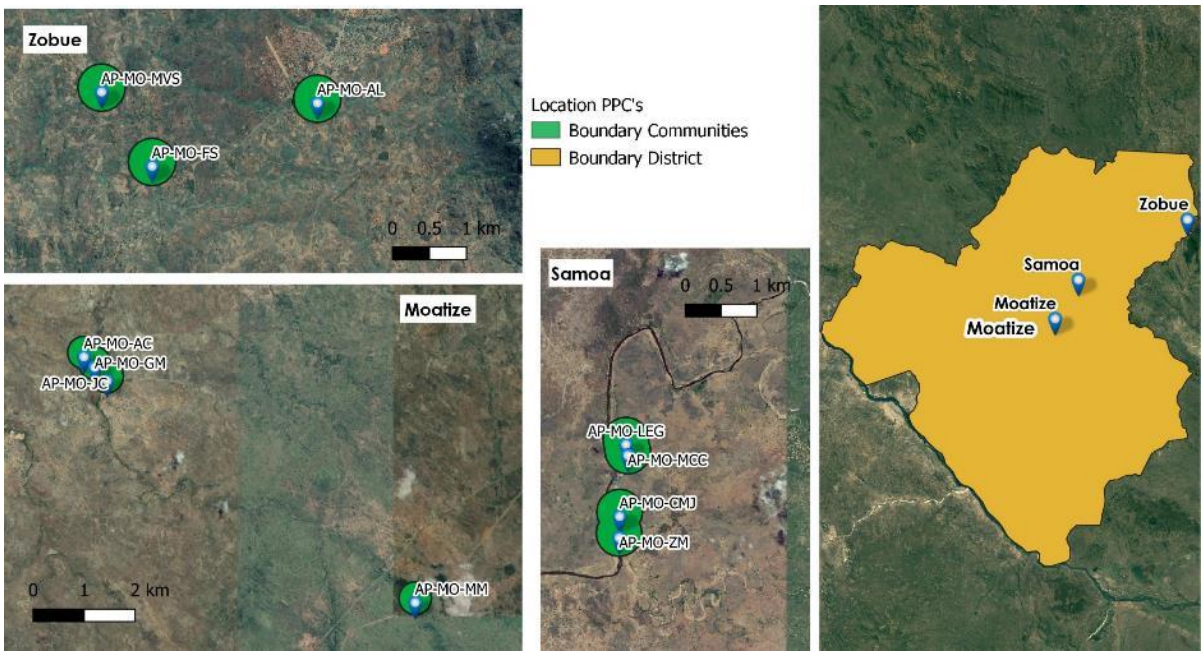

Figura 3 Localização e limites das comunidades locais (nível de sub-bacia) no distrito de Moatize

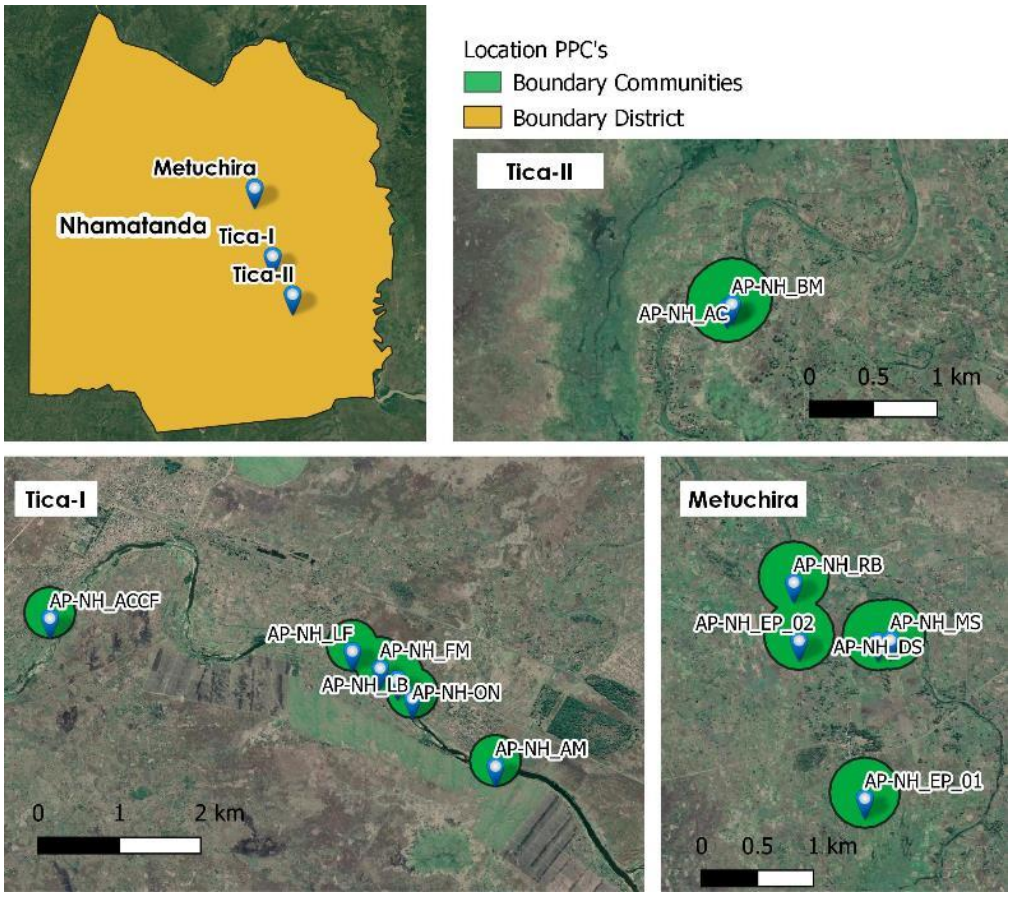

Figura 4 Localização e limites das comunidades locais (nível de sub-bacia) no distrito de Nhamatanda

Figura 5 Localização e limites das comunidades locais (nível de sub-bacia) no distrito de Báruè

2.1.3 Bacias

A delimitação da bacia foi realizada usando um DEM (modelo de elevação digital) com resolução de 30m fornecido pela SRTM, e ferramentas QGIS. Detalhes sobre os passos envolvidos podem ser revistos no manual (Kwast e Menke, 2019) [4]. Os pontos de saída para as bacias são determinados pela avaliação da localização das atividades do projeto nos campos (como mostrado na Figura 2). As sub-bacias são representativas das localidades do projeto, enquanto que as bacias representam o quadro mais amplo da área a montante. As delimitações e localizações das atividades do projeto são mostradas nos mapas da Figura 6. As medições do fluxo de água foram realizadas pelos parceiros do projeto em locais estratégicos nos córregos para quantificar as captações de água para irrigação.

2.2 Abordagem

A análise da produtividade da água segue duas abordagens para o cálculo da produtividade da água:

1. Em escala de campo, a informação mais detalhada está disponível em relação ao tipo de cultura e estratégias de gestão. Nesta escala é calculada a produtividade de uma cultura específica de água para as culturas seleccionadas nos três distritos diferentes usando a modelação da cultura (explicada em 2.2.1).
2. Na escala de sub-bacia e bacia, existe informação limitada sobre a distribuição espacial dos tipos de cultura. Nesta escala, a produtividade da água da biomassa é calculada usando dados do WaPOR, o Portal de Acesso Livre da FAO com dados de Produtividade da Água (explicado em 2.2.2).

[4] van der Kwast, H. & Menke, K., QGIS for Hydrological Applications - Recipes for Catchment Hydrology and Water Management, Locate Press, 2019.

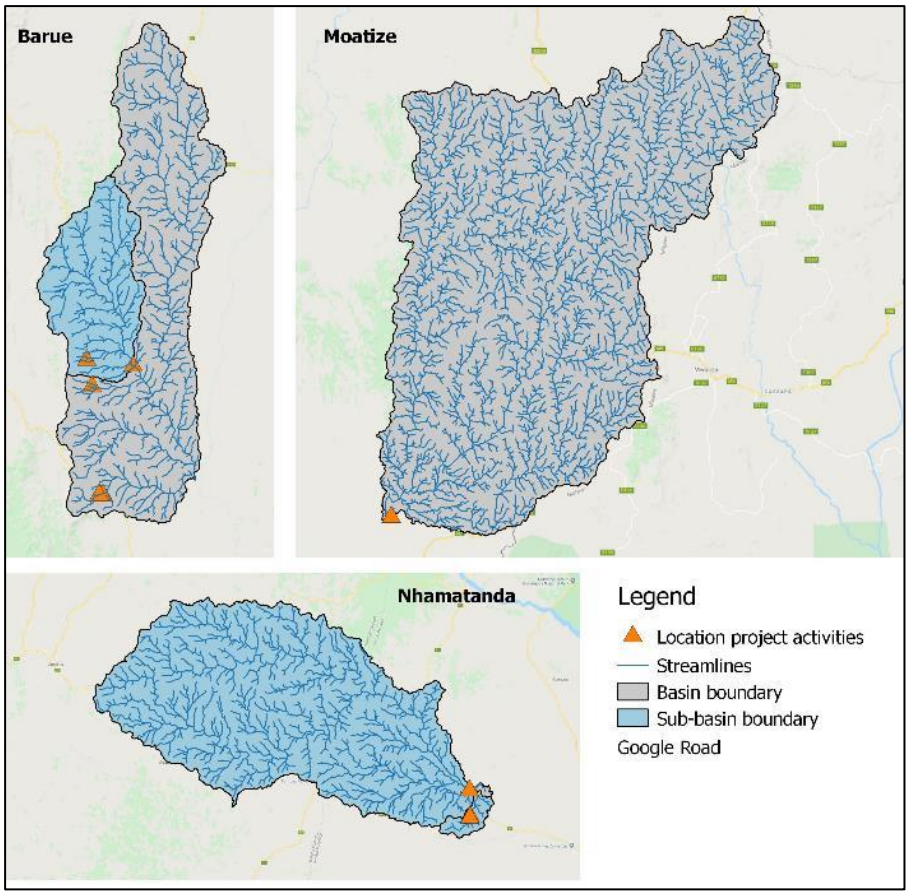

Figura 6 Delimitação das bacias e linhas de racionalização para os três distritos

2.2.1 Produtividade específica das culturas de água

A Figura 7 mostra o fluxo de trabalho para realizar a análise da produtividade da água específica da cultura. A produtividade da água é finalmente calculada com a AquaCrop. Os dados de campo para a configuração das simulações da AquaCrop são retirados da estação meteorológica e dos cadernos de campo. Os sensores voadores capturam imagens a intervalos regulares para calcular a cobertura da copa das árvores. Esta informação é integrada com o modelo AquaCrop para calibrar o modelo e calcular a produtividade da água. A vantagem de combinar observações de sensoriamento remoto a partir de sensores voadores e modelagem de simulação, é que a percepção espacial é obtida na diversidade das práticas de gerenciamento da fazenda. Assim, para cada campo é selecionada a simulação AquaCrop mais adequada para ser representativa desse campo. Nas secções seguintes são elaborados os vários métodos utilizados, nomeadamente as imagens dos sensores voadores (2.3), e a modelação da simulação de culturas com AquaCrop (2.4).

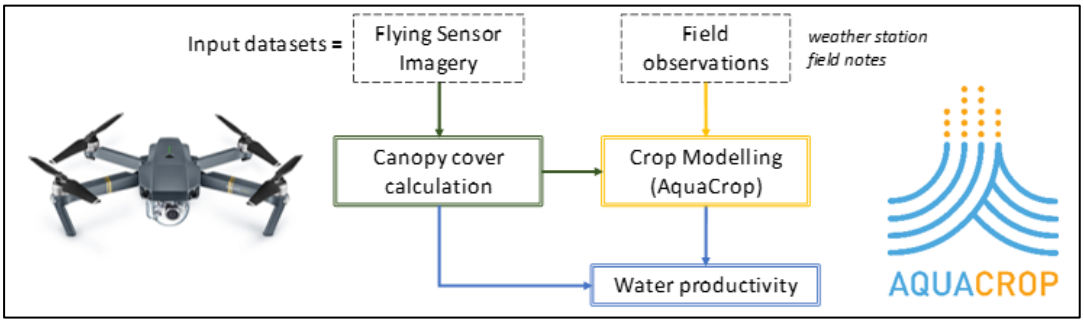

Figura 7 Fluxo de trabalho para o cálculo da análise da produtividade da água específica da cultura

2.2.2 Produtividade da água da biomassa

WaPOR é o portal de dados de produtividade da água da FAO que contém informações sobre evapotranspiração, produção de biomassa, cobertura da terra e muitas outras camadas. A informação à escala da bacia foi extraída através da derivação de uma delimitação da bacia hidrográfica para os distritos seleccionados. Isto foi realizado usando um DEM (modelo de elevação digital). A delimitação da bacia hidrográfica é mostrada na figura 6 para as áreas seleccionadas.
A camada de cobertura terrestre em WaPOR foi utilizada para determinar a localização das terras de cultivo nas bacias. O procedimento para esta análise segue as orientações fornecidas pelo projecto WaterPIP (Water Productivity in Practice) e o fluxo de trabalho é apresentado esquematicamente na Figura 8. Na secção 2.5 os conjuntos de dados WaPOR utilizados para esta análise, são descritos com mais detalhe.

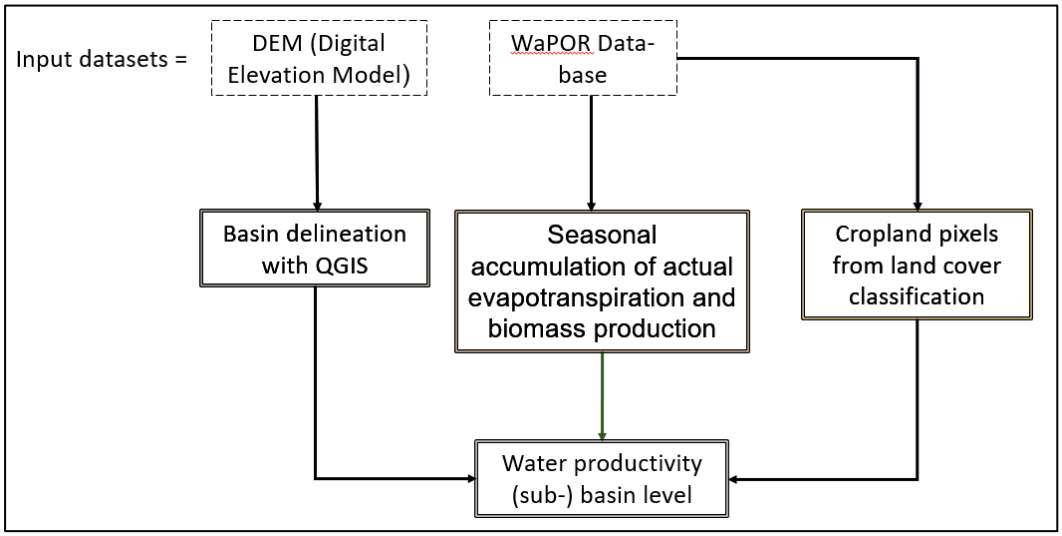

Figura 8 Fluxo de trabalho para análise da produtividade da água de biomassa

2.3 Imagem do sensor voador

2.3.1 Equipamento sensor voador

Os equipamentos Flying Sensor utilizados no APSAN-Vale são um drone Mavic Pro e uma câmara adicional para detectar o estado da vegetação. A Figura 9 mostra uma foto do Sensor Voador utilizado, incluindo ambas as câmaras. Uma câmara faz imagens RGB (vermelho-verde-azul), semelhantes às imagens visuais vistas com o olho humano. A segunda câmera mede o comprimento de onda do infravermelho próximo, que não é visível para o olho humano. O comprimento de onda do infravermelho próximo (NIR) tem uma boa resposta às condições da vegetação. A figura 10 ilustra a resposta às condições de estresse de uma folha. Se a folha está em óptima saúde, o comprimento de onda NIR tem uma resposta alta. Se a folha está sob condições de estresse ou doença, o comprimento de onda do NIR tem uma resposta mais baixa. Isto já é medido pelo comprimento de onda do NIR antes de ser visível ao olho humano.

Figura 9 Foto do sensor voador em acção

Outra vantagem de utilizar os Sensores Voadores neste projeto é a flexibilidade para a captura de imagens e a alta resolução espacial das imagens adquiridas. Os sensores de voo podem fazer voos quando necessário, com os intervalos desejados. Para este projecto, a frequência de aquisição de imagens foi orientada para uma vez a cada 3 semanas, o que melhor captura as fases de desenvolvimento da colheita. Este intervalo era por vezes mais longo devido às condições meteorológicas ou à logística. A resolução espacial das imagens é de 4-8 cm, fornecendo detalhes suficientes para capturar a variação espacial da agricultura de pequenos proprietários.

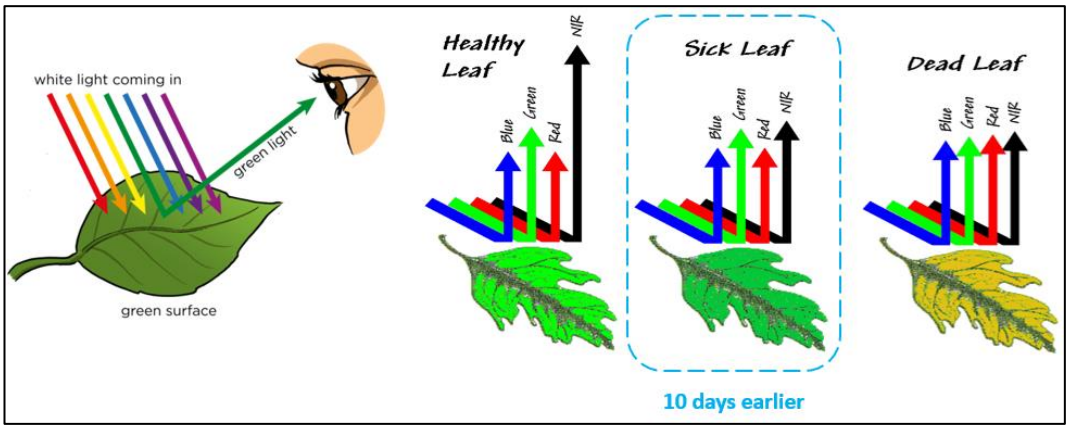

Figura 10 Ilustração que explica a resposta do comprimento de onda do infravermelho próximo (NIR) ao estado da vegetação

2.3.2 Aquisição de imagens

As imagens dos sensores voadores foram adquiridas em intervalos regulares ao longo da estação de crescimento. Na tabela 3 é fornecida uma visão geral do número de vôos realizados e em que data (às vezes espalhados por 2 ou 3 dias). O número total de vôos para Báruè, Nhamatanda e Moatize foi de 39, 32, e 41, respectivamente. A área total monitorada com os sensores de vôo foi de 220 ha., 190 ha. e 240 ha. para Báruè, Nhamatanda e Moatize, respectivamente.

Tabela 3 Visão geral dos voos e da área durante a época de irrigação de 2020

	Báruè	Moatize	Nhamatanda
Maio	7 - 8 de Maio de 2020	12 - 14 de Maio de 2020	5 - 6 de Maio de 2020
Junho	4 - 5 de Junho de 2020	9 - 11 de Junho de 2020	1 - 3 de Junho de 2020
Julho	9 - 10 de Julho de 2020	14 - 15 Julho 2020	6 - 7 de Julho de 2020
Agosto	6 - 8 de Agosto de 2020	18 - 19 de Agosto de 2020	3 - 4 de Agosto de 2020
Setembro	1 - 3 de Setembro de 2020	15 - 16 de Setembro de 2020	
Outubro	6 - 8 de Outubro de 2020		
Voos realizados	66	59	45
Área coberta	300 ha	260 ha	280 ha

2.3.3 Processamento de imagens

As imagens adquiridas pela Flying Sensors passam por um processamento posterior. Primeiro, as imagens individuais para cada voo são costuradas para formar um mosaico ortográfico. Estas são então georreferenciadas para que possam ser utilizadas em análises geoespaciais posteriores. Estas etapas são realizadas utilizando pacotes de software: Agisoft Metashape, e QGIS (software geoespacial).

As próximas etapas de processamento são necessárias para alcançar uma série temporal de mapas de cobertura do dossel. Várias etapas foram calculadas usando a codificação R para tornar o processamento mais eficiente. A banda NIR da imagem é usada para determinar os pixels de vegetação de cada imagem usando o pacote 'kmeans' R para a classificação automática das imagens. Manualmente o usuário determina qual classe é designada como vegetação. Esta informação é então utilizada para calcular a cobertura do dossel, que é uma indicação da cobertura vegetal sobre uma superfície em percentagem, e está na mesma categoria que outros índices de vegetação normalmente utilizados na detecção remota, por exemplo, o Índice de Área Foliar (LAI) ou o Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI). Uma cobertura vegetal completa resultará em uma cobertura do dossel de 100%. Uma grade de 1x1 metro (=1 ^{m2}) é sobreposta sobre um campo de cultivo. O número de pixels da vegetação (de 0,05x0,05 metro = 0,0025 ^{m2}) é contado para determinar a percentagem da grelha que é coberta pela vegetação, portanto a cobertura do dossel. Esta informação é usada em combinação com a modelagem da cultura para determinar o rendimento da cultura e a produtividade da água.

2.4 Modelação de simulação de culturas

2.4.1 AquaCrop

O modelo AquaCrop foi selecionado para simular o crescimento do cultivo e o consumo de água, que é baseado nos princípios da FAO, como são relatados nos Documentos de Irrigação e Drenagem #56 e #66 da FAO. Ele simula tanto o desenvolvimento do cultivo quanto o balanço hídrico, resultando em resultados de produtividade da água do cultivo.

Vários modelos de crescimento de culturas foram desenvolvidos para simular o rendimento das culturas e a produtividade da água. A seleção do modelo depende da escala de aplicação e da capacidade de restringir a incerteza dos parâmetros do modelo. AquaCrop é um modelo de cultivo amplamente utilizado desenvolvido pela FAO, que simula a resposta do rendimento à água usando parâmetros físicos. Ele tem sido usado em estudos de impacto das mudanças climáticas em várias partes do mundo (Hunink et al., 2014[5]; Hunink and Droogers, 2010[6], 2011[7]). Além disso, AquaCrop tem sido aplicado para prever a produtividade da água e o rendimento das culturas com base em informações de sensores voadores (den Besten et al., 2017 [8], van Opstal, 2019[9])e para avaliar cenários de programação de irrigação (Goosheh et al., 2018[10]). É especialmente recomendada para aplicação em pequena escala em fazendas. Além disso, é um modelo de código aberto que está disponível gratuitamente para aplicação. Portanto, o modelo apropriado para fins de APSAN-Vale.

A FAO tem parâmetros de modelo pré-estabelecidos para simular a cobertura do dossel, a transpiração real da cultura e a evaporação do solo, a biomassa e o rendimento da cultura durante um período de crescimento da sementeira à colheita (Figura 11). Neste trabalho, os parâmetros do modelo selecionados foram ajustados com base em observações. Os parâmetros ajustados do modelo incluíram densidade de plantas, duração do período de crescimento, aumento da cobertura dossel, diminuição da cobertura dossel, índice de colheita, estresse de fertilidade e cobertura de ervas daninhas.

[5] Hunink, J. E., Droogers, P. e Tran-mai, K.: Past and Future Trends in Crop Production and Food Demand and Supply in the Lower Mekong Basin., 2014.
[6] Hunink, J.E. e Droogers, P..: Climate Change Impact Assessment on Crop Production in Albania. World Bank Study on Reducing Vulnerability to Climate Change in Europe and Central Asia (ECA) Agricultural Systems, FutureWater Report 105., 2010.
[7] Hunink, J.E. e Droogers, P..: Climate Change Impact Assessment on Crop Production in Uzbekistan. World Bank Study on Reducing Vulnerability to Climate Change in Europe and Central Asia (ECA) Agricultural Systems, FutureWater Report 106., 2011
[8] den Besten, N., Simons, G. e Hunink, J.: Avaliação da Produtividade da Água usando Sensores Voadores e Modelagem de Culturas. Estudo piloto para o Milho em Moçambique, 2017.
[9] Van Opstal, J.D. 2019. APSAN-Vale Water Productivity Rainfed season 2018/2019. Relatório FutureWater.
[10] Goosheh, M., Pazira, E., Gholami, A., Andarzian, B. e Panahpour, E.: Melhorando a Programação da Irrigação do Trigo para Aumentar a Produtividade da Água em Condições de Águas Subterrâneas Raso Usando Aquacrop, Irrigação. Drain., 0(0), doi:10.1002/ird.2288, 2018.

2.4.2 Dados de entrada

Clima

Os dados meteorológicos são necessários como entrada para o modelo, que foi derivado de diferentes fontes. Estações meteorológicas (de TAHMO) foram instaladas em cada escritório distrital para representar as condições meteorológicas na área. Estas estações estiveram operacionais a partir de Fevereiro / Março de 2019 e durante todo o projecto. Os dados de precipitação sofreram algumas avarias no equipamento; portanto, os dados de precipitação foram substituídos por dados CHIRPS do sensoriamento remoto por satélite. Além disso, os dados meteorológicos médios de longo prazo foram adquiridos da WaPOR e dos produtos de dados de satélite GLDAS. Isto é explicado no relatório de avaliação de base (FutureWater Report 195) [11].

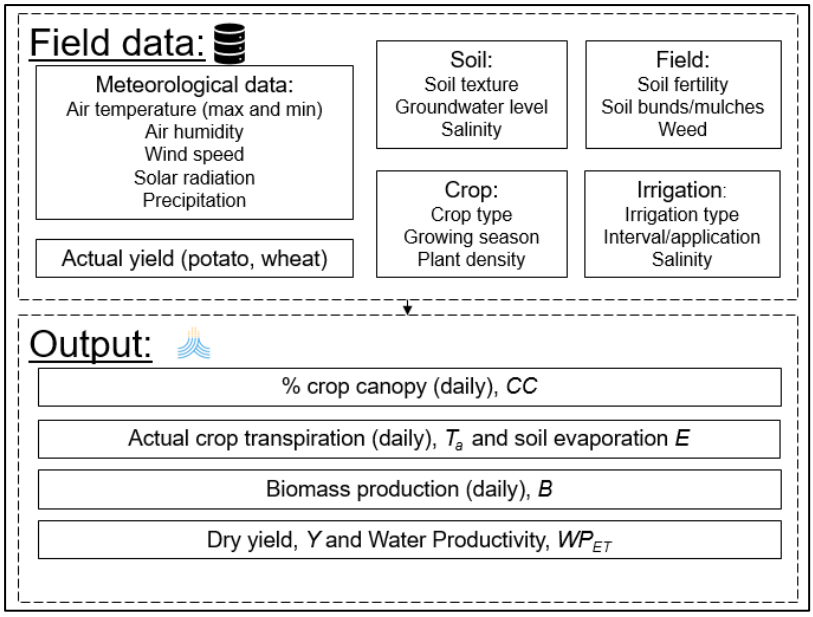

Figura 11 Dados de campo e simulações de saída do modelo AquaCrop.

Dados de campo

O passo seguinte é recolher informações básicas sobre as culturas dos distritos seleccionados (Báruè, Moatize e Nhamatanda). Informações básicas sobre datas de plantio, densidade de plantas, comprimento total de crescimento (duração do ciclo da cultura), intervalo de irrigação e rendimento da cultura são fundamentais para obter simulações confiáveis da AquaCrop. Vários destes parâmetros são específicos para cada campo. Portanto, as anotações feitas no livro de campo dos PPC's foram copiadas para fazer a simulação adaptada à situação dos PPC's. No Anexo 1 podem ser encontrados os dados de entrada sobre as decisões de gestão.

No modelo AquaCrop devem ser utilizados vários parâmetros de cultura para simular a cobertura do dossel específico da cultura, transpiração, biomassa e rendimento durante a época de crescimento para finalmente determinar a produtividade da água. Os parâmetros específicos da cultura foram obtidos a partir dos arquivos originais da cultura disponíveis no modelo AquaCrop. Foram utilizados os arquivos de cultura no modo Dias de Grau de Crescimento (°C dias). Os Dias de Grau de Cultivo são responsáveis pelos efeitos dos regimes de temperatura na fenologia. Para Couve e Cebola, obtivemos

[11] Van Opstal, J.D., A. Kaune. 2020. Relatório Técnico de Produtividade da Água - Avaliação de base para o projeto APSAN-Vale. Relatório FutureWater 195.

a informação dos parâmetros de cultivo de outros estudos (Agbemabiese et al., 2017; Pawar et al., 2017; Pérez-Ortolá et al., 2015; Wellens et al., 2013).

Os parâmetros específicos do modelo de cultura devem ser ajustados para obter rendimentos precisos da cultura. Na Tabela 4são apresentados os parâmetros do modelo de cultura calibrado por cultura. Estes parâmetros incluem o Índice de Colheita, HI (%), Aumento da Cobertura da Canópia, CGC (-), Diminuição da Cobertura da Canópia, CDC (-), e a duração de etapas específicas de cultivo (por exemplo, semeadura até a emergência, semeadura até a profundidade máxima de enraizamento, etc.). HI é um parâmetro conhecido para converter biomassa em rendimento de culturas. CGC é uma medida da capacidade intrínseca da copa das árvores para se expandir. Depois que a copa começa a envelhecer, a cobertura da copa é reduzida progressivamente através da aplicação de um coeficiente empírico de declínio da copa (CDC). HI, CGS e CDC variam dependendo da variedade da cultura e da qualidade da semente. A duração dos estágios específicos de crescimento é usada no modo Dias de Grau de Crescimento (°C dias) para Milho, Sorgo, Feijão, Arroz, Tomate, e Batata. Para Couve e Cebola, o modo dias de calendário é usado com base nos estudos mencionados. A duração das fases de crescimento foi ajustada com base nas informações coletadas sobre a duração do ciclo de cultivo (do plantio à colheita no Anexo 1).

Tabela 4 Parâmetros calibrados para culturas seleccionadas em Báruè, Moatize e Nhamatanda

	Milho	Sorgo	Feijão	Arroz	Tomate	Batata	Couve*	Cebola*
HI** (%)	20	10	30	50	60	80	50	40
MC*** [-]	0.26		0.33		0.82	0.80	0.82	0.85
CGC (-)	0.0050	0.0048	0.0049	0.0084	0.0075	0.0162	0.1190	0.1190
CDC (-)	0.0040	0.0039	0.0044	0.0060	0.0040	0.0020	0.1000	0.1000
Da sementeira à emergência (°C dias)	132	210	88	40	43	310	2	6
Da sementeira à profundidade máxima de enraizamento (°C dias)	2324	2453	1332	296	891	1672	40	77
Da sementeira ao início da senescência (°C dias)	2310	2447	1354	1040	1553	1525	86	45
Da sementeira à maturidade (duração do ciclo de cultivo) (°C dias)	2805	2728	1947	1520	1933	1977	100	85
Da sementeira à floração (°C dias)	1452	1613	834	920	525	852	28	67
Duração do estágio de floração (°C dias)	297	474	349	280	750	1	40	18

*Fases de crescimento em dias de calendário.

** Índice de colheitas

*** Teor de umidade

Solo e informação de gestão de campo

De acordo com as informações coletadas no campo, a textura do solo de cada distrito foi determinada. As propriedades hidráulicas do solo estão correlacionadas com a textura do solo. O modelo AquaCrop inclui propriedades hidráulicas pré-estabelecidas como a Capacidade de Campo (FC) e Ponto de Murcha (WP) para cada textura do solo. Os valores da Capacidade de Campo e do Ponto de Murcha são fundamentais para determinar a capacidade de armazenamento de água do solo e determinar os limiares de stress hídrico. Na Tabela 5 são mostradas as texturas do solo obtidas para cada distrito. Na Figura 12, um exemplo dos valores de FC e WP (FC=22%, WP=10%) usados no modelo AquaCrop são mostrados para o argilo-arenoso.

Tabela 5 Textura do solo em cada distrito

Distrito	Textura do solo
Báruè	Barro
Moatize	Sandy Loam
Nhamatanda	Barro Sandy

SandyLoam.SOL

```
deep uniform 'sandy loam' soil profile
       6.0                  : AquaCrop Version (March 2017)
        46                  : CN (Curve Number)
         7                  : Readily evaporable water from top layer (mm)
         1                  : number of soil horizons
        -9                  : variable no longer applicable
 Thickness  Sat   FC    WP     Ksat   Penetrability  Gravel  CRa       CRb           description
 ---(m)-   ----(vol %)-----   (mm/day)       (%)        (%)    ----------------------------------------
   4.00    41.0  22.0  10.0   1200.0         100         0     -0.323200  0.219363        sandy loam
```

Figura 12 Característica do solo em Moatize.

2.4.3 Processo de calibração

A cobertura do dossel segue uma tendência curvilínea positiva durante toda a época de crescimento, representando o desenvolvimento da cultura até a cobertura total. Os sensores voadores monitoram a cobertura do dossel durante toda a estação de crescimento e assim capturam em intervalos frequentes parte da tendência curvilínea. Esta tendência curvilínea também é simulada na AquaCrop. Para o processo de calibração a cobertura da copa dossel dos sensores voadores é comparada com a cobertura da copa simulada na AquaCrop. Isto é feito para os dias em que os sensores voadores adquiriram uma imagem. Na Tabela 3 foi observado que para cada distrito ocorreram quatro momentos de voo durante a época de crescimento da irrigação. Assim, isto fornece 4 pontos para determinar a relação curvi-linear. A cobertura máxima do dossel é usada para comparar com as simulações do AquaCrop.

O modelo AquaCrop é configurado usando os módulos e dados de entrada, como foi listado nas seções anteriores. São seleccionados vários parâmetros de gestão agrícola que podem ser variáveis. Estas são particularmente as variáveis que são sensíveis na AquaCrop e que não podem ser medidas com precisão no campo. Os parâmetros selecionados para a calibração são densidade de plantas, profundidade de irrigação e estresse do fertilizante. Após executar as várias combinações (27 execuções de simulação total por campo) as simulações de topo (1 - 5) foram selecionadas exibindo erro limitado com a cobertura da copa conforme observado a partir das imagens do sensor voador.

2.5 Conjuntos de dados WaPOR

A base de dados WaPOR da FAO contém vários conjuntos de dados derivados com sensoriamento remoto por satélite e está disponível através do portal de dados de acesso aberto: https://wapor.apps.fao.org. As camadas utilizadas a partir do WaPOR são: evapotranspiração real e de referência (ET), produção de biomassa, produtividade da água, precipitação e cobertura da terra. Informações detalhadas sobre a metodologia podem ser encontradas nos documentos de referência do

WaPOR [12]. As camadas de dados foram descarregadas para Moçambique e agregadas para encontrar valores sazonais para a época de irrigação: Maio de 2020 a Setembro de 2020.

2.5.1 Evapotranspiração real

A evapotranspiração real é calculada usando um algoritmo de balanço energético superficial baseado nas equações do modelo[13] ETLook . Ele utiliza uma plataforma de satélite com aquisição de imagens multiespectral e térmica. Além disso, dados meteorológicos de produtos de dados de sensoriamento remoto são usados como entrada. Os componentes do balanço de energia são calculados com o algoritmo especificado: radiação líquida, fluxo de calor do solo e fluxo de calor sensível. O fluxo de calor latente é calculado como residual para o balanço energético e representa a componente evapotranspiração (ET) do balanço energético.
O conjunto de dados WaPOR ET real usado neste relatório é do Nível II (100 metros) para cada decadal (10 dias). Uma soma para a época de irrigação é calculada em QGIS.

2.5.2 Produção de biomassa

A produção de biomassa foi calculada usando a camada de dados da produção primária líquida decadal (NPP) da WaPOR. Os dados da NPP são calculados em WaPOR usando um modelo de eficiência de uso leve[14] . Este modelo determina a quantidade de radiação fotossintética que chega a uma superfície e a quantidade que é absorvida pela vegetação, dependendo da quantidade de cobertura vegetal e das condições de (não-)stress. Isto indica o resultado do processo de fotossíntese na produção de biomassa da UNP ou de matéria seca. A produção de biomassa a partir da WaPOR é somada para a época de irrigação. Note-se que a WaPOR calcula a produção de biomassa para as culturas C3, que são a maioria das culturas cultivadas globalmente. Contudo, determinar a produção de biomassa para culturas C4 (por exemplo milho, cana de açúcar) requer uma multiplicação de aproximadamente 1,8 (=4,5/2,5) para corrigir a diferença na eficiência da utilização da luz entre as duas culturas. O rendimento das culturas pode depois ser calculado usando o índice de colheita, que é específico para cada tipo de cultura e variedade de cultura (cultivar).

2.5.3 Camadas suplementares

WaPOR também fornece um produto de dados de precipitação, nomeadamente dados CHIRPS. Este fornece dados de precipitação espacial com resolução de 5 km. em passos de tempo diários. Estes dados são usados como suplemento aos dados da estação meteorológica para preencher lacunas de dados onde os dados da estação meteorológica não foram instalados.
Além disso, a evapotranspiração de referência (ET) também é fornecida pelo portal de dados WaPOR com resolução de 20 km. e em etapas de tempo diárias. Uma série temporal deste conjunto de dados é utilizada como os dados de entrada meteorológica necessários para a modelação das culturas.
Por último, o mapa da cobertura terrestre em WaPOR é utilizado para identificar os pixels que contêm as terras de cultivo. Este é utilizado para calcular a produtividade da biomassa hídrica das terras de cultivo, excluindo assim os pixels da vegetação natural e das áreas urbanas.

2.6 Normalização para condições climáticas anuais

Para a avaliação de base[15] foi utilizado um período de 17 anos para a análise à escala de campo (2001 - 2017) e 10 anos para a análise à escala da bacia (2009 - 2018). O período para a análise à escala da

[12] Metodologia da Base de Dados WaPOR: Dados de nível 1 (Setembro de 2018) http://www.fao.org/3/I7315EN/i7315en.pdf
[13] Bastiaanssen et al. (2012)
[14] Hilker et al. (2008) e várias outras publicações
[15] Van Opstal, J.D., A. Kaune. 2020. Relatório Técnico de Produtividade da Água - Avaliação de base para o projeto APSAN-Vale. Relatório FutureWater 195.

bacia foi mais curto devido à disponibilidade de dados da WaPOR. Ambos os períodos são considerados suficientes para capturar a variabilidade interanual das condições meteorológicas com anos secos e húmidos existentes dentro de um período de 10 anos. Os resultados estatísticos desta análise de base serão, portanto, representativos da variedade de condições meteorológicas.

Na análise posterior deste projeto, os valores de produtividade da água são normalizados para as condições meteorológicas para determinar se as mudanças na produtividade da água são resultado das condições meteorológicas ou do impacto das inovações do projeto. A normalização dos valores da produtividade da água é calculada usando a equação abaixo (como exemplo usando o ano 2019) e usando a evapotranspiração de referência (ET0) como representativa das condições meteorológicas anuais. Esta equação e metodologia são descritas por Bastiaanssen e Steduto (2016) [16], como um método para comparar a produtividade da água entre anos e regiões com diferentes condições climáticas.

$$WP_{norm,2019}\ [kg/m^3] = \frac{WP_{2019}\ \left[\frac{kg}{m^3}\right] \times ET_{0,2019}\ [mm]}{ET_{0,\ average\ 2000-2019}\ [mm]}$$

[16] Bastiaanssen, W. G. M., & Steduto, P. (2016). A pontuação de produtividade da água (WPS) a nível global e regional: Metodologia e primeiros resultados das medições de sensoriamento remoto de trigo, arroz e milho. Science of The Total Environment, 575, 595-611. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.032

3 Resultados do tempo sazonal

3.1 Evapotranspiração de referência

Nas estações meteorológicas TAHMO[17] de cada distrito, os dados meteorológicos são medidos e a evapotranspiração de referência é calculada. A média de cinco dias de evapotranspiração de referência (ET) durante a estação de irrigação é mostrada na Figura 13. A estação TAHMO em Moatize não estava operacional no período de abril a final de agosto de 2020, portanto a evapotranspiração de referência WaPOR foi utilizada. Os três distritos apresentam um padrão semelhante na ET de referência, tendo Moatize uma ET ligeiramente mais elevada do que os outros distritos. O ET de referência é menor no início da época, aproximadamente 3 - 6 mm/dia, e maior durante o resto da época, com picos a ocorrer em Setembro e Outubro.

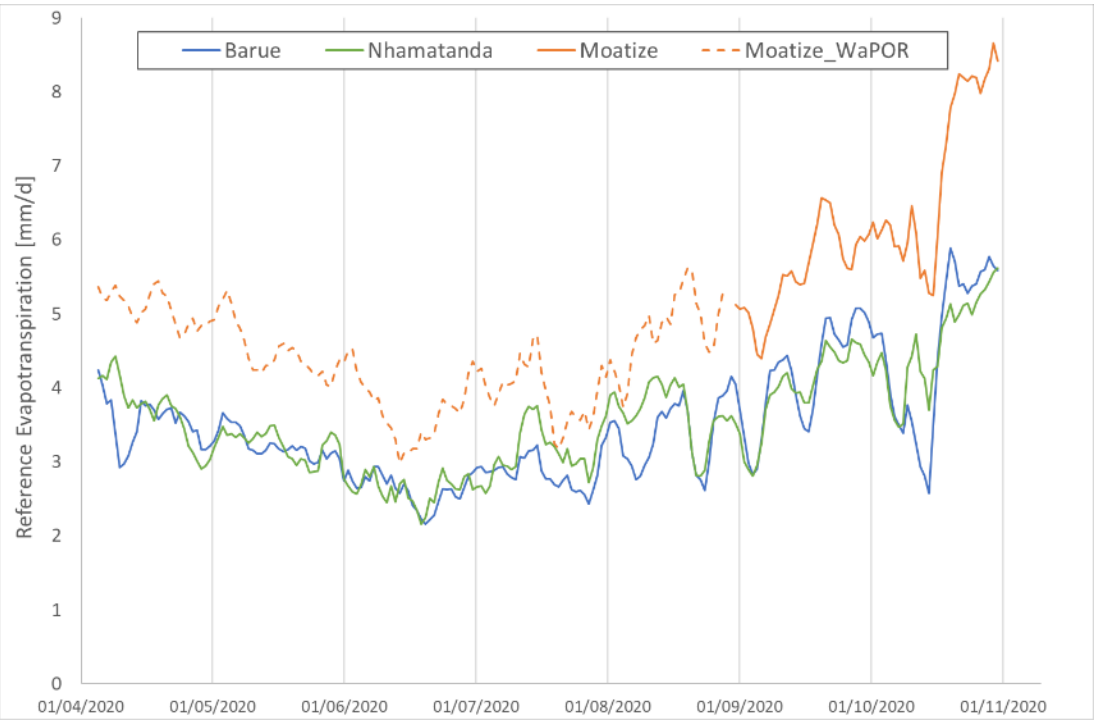

Figura 13 Evapotranspiração média de referência de cinco dias para os três distritos durante a época de irrigação de 2020 a partir das estações TAHMO e dados suplementares WaPOR para Moatize

As condições climáticas durante a época de irrigação de 2020 são comparadas com o conjunto de dados históricos de 2001 a 2018, conforme utilizado na avaliação de base. Este conjunto de dados históricos cobre uma multiplicidade de condições meteorológicas, tanto anos secos como chuvosos, e portanto é uma boa representação de condições meteorológicas "normais". A evapotranspiração média mensal de referência é comparada com os valores mensais de 2020 e exibida na Figura 14.

A Figura 14 mostra que o ET de referência para Báruè foi semelhante ou inferior a cada mês nesta temporada, em comparação com a média de longo prazo. Para Nhamatanda e Moatize o ET de referência foi mais alto a cada mês, em particular para Moatize. Isto pode ter impacto nos resultados da modelação das culturas que têm dados meteorológicos como entrada. Note que a produtividade da água é calculada com evapotranspiração no denominador, que é parcialmente determinada pela evapotranspiração de referência durante a estação.

[17] https://tahmo.org/

O ET total de referência sazonal é apresentado no Tabela 6 para esta época e a média a longo prazo para a época de irrigação. Estes valores são utilizados na normalização dos resultados da produtividade da água, conforme apresentado na seção 2.6 deste relatório.

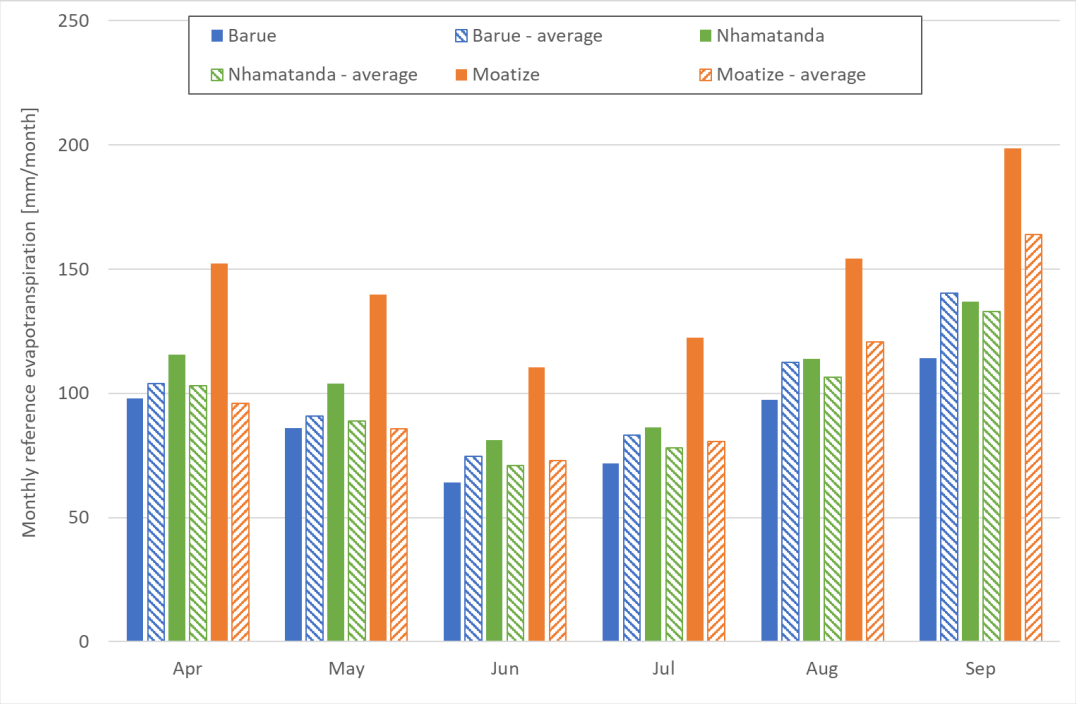

Figura 14 Comparação da evapotranspiração mensal de referência 2020 com a média de longo prazo (2009-2018) com o produto do portal de dados WaPOR

Tabela 6 Evapotranspiração total de referência sazonal para os três distritos durante a época de irrigação de 2020, e média de longo prazo (2001-2018) época de irrigação

	Báruè	Moatize	Nhamatanda
Referência ET 2020 [mm]	531	878	638
Referência ET Média [mm]	605	619	580

3.2 Precipitação

A estação de irrigação é caracterizada por alguns eventos de chuva no início da estação (abril), seguido por um longo período seco com precipitação limitada. A pluviosidade registrada nas estações TAHMO mostrou algumas falhas de equipamento, portanto os dados de satélite de CHIRPS são usados para os três distritos, como apresentado na Figuras 15. Esta figura mostra a precipitação diária e indica vários eventos de chuva que ocorrem com intensidades de até 40 mm/dia no início da estação, para Nhamatanda e Báruè.

A Figura 16 mostra a precipitação total mensal e sazonal para cada distrito e compara com a média de longo prazo (2001-2018) usando dados de satélite. A figura mostra que durante o mês de Abril a precipitação foi acima da média, especialmente para Báruè. Note que Báruè está localizada nas proximidades de montanhas, portanto a diferença de altitude pode dar mais eventos de precipitação. No entanto, os dados de satélite também registram pixels mais grosseiros (5km), portanto não capta a variabilidade da pluviosidade no distrito. A precipitação observada para Báruè poderia ter ocorrido principalmente na zona de montanha e não afetar as áreas agrícolas na parte inferior da elevação. O resto da estação de irrigação a pluviosidade foi baixa >20mm/mês para todos os distritos, indicando o significado da prática de irrigação (suplementar). A precipitação sazonal total foi maior para Báruè, em comparação com a média de longo prazo, e menor para Nhamatanda e Moatize. Isto mostra uma tendência semelhante à dos dados de ET de referência apresentados na Figura 14 e na Tabela 6.

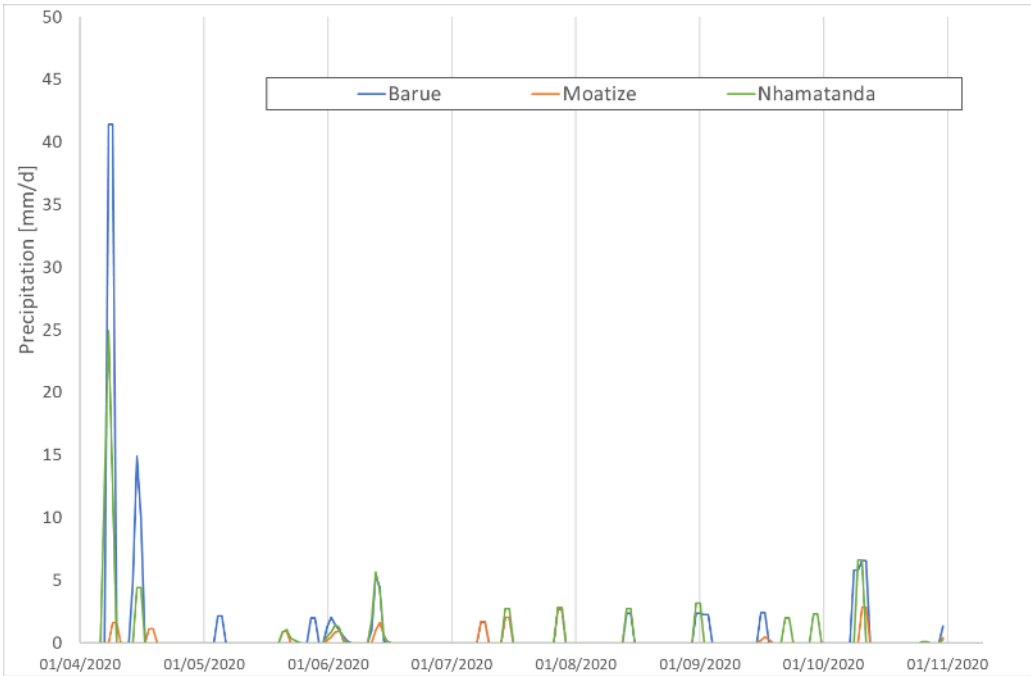

Figura 15 Precipitação diária durante a estação de irrigação de 2020 a partir do produto de dados de satélite CHIRPS

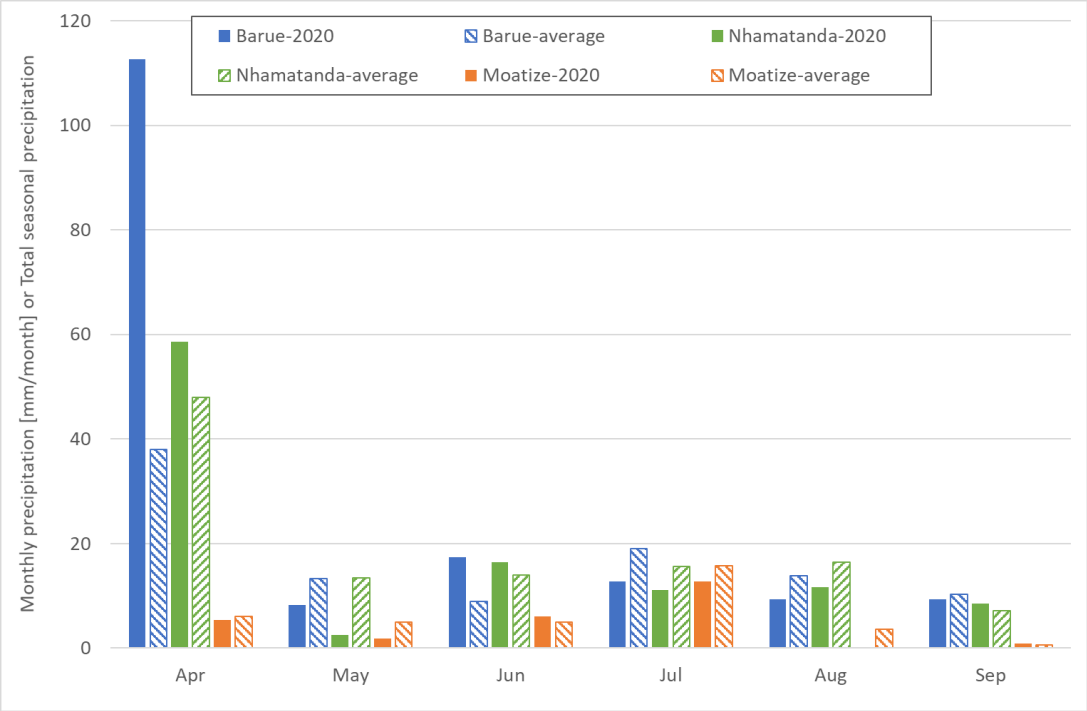

Figura 16 Comparação da precipitação mensal de 2020 com a média de longo prazo (2001-2018) com CHIRPS

4 Resultados da Produtividade da Água em Escala de Campo

4.1 Imagens de sensores voadores

4.1.1 Mapas de campo para registro

No início da temporada, as primeiras imagens de voo foram utilizadas para registar os campos dos PPC's seleccionados para monitorização. Um exemplo de um destes mapas da época de irrigação de 2020 é mostrado na figura abaixo, Figura 17. Estes mapas indicam os limites do campo, área do campo, tipo de cultura e nome do agricultor, incluindo o código registrado como usado em mWater para monitoramento do campo. Os mapas foram adicionados ao livro de campo (caderno de campo) de cada PPC. As mudanças nos campos e tipos de safras poderiam ser corrigidas nos mapas seguintes.

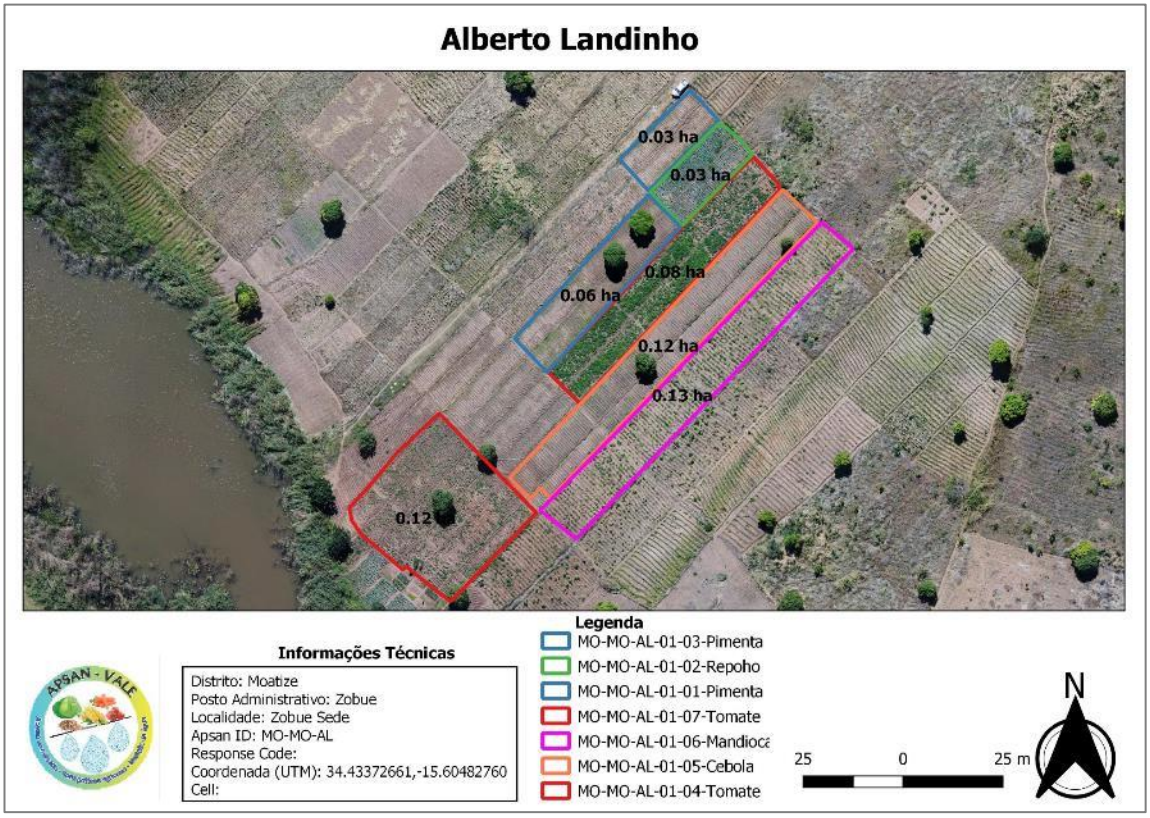

Figura 17 Mapa de registo de campo do PPC (pequeno agricultor comercial) Alberto L. no distrito de Moatize

4.1.2 Mapas de campo para monitorização da vegetação

O segundo conjunto de mapas foi compartilhado durante a estação de crescimento para monitorar o crescimento da safra. São mostradas imagens de dois ou três voos para indicar o desenvolvimento da safra. Um exemplo de um mapa de campo da época de irrigação de 2020 é mostrado na próxima página, Figura 18. A imagem visual (RGB, vermelho-verde-azul) é indicada para facilitar a interpretação, uma vez que é mais compreensível. O estado da vegetação é indicado em cores vermelhas indicando baixa cobertura vegetal, e cores verdes indicando alta cobertura vegetal.

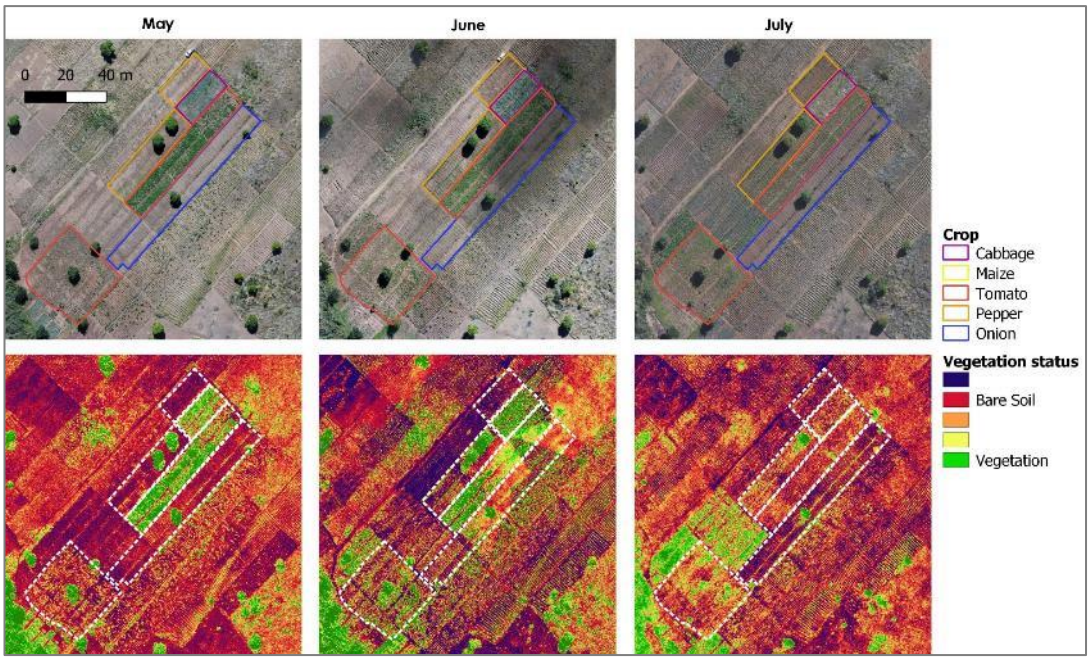

Figura 18 Desenvolvimento do estado da vegetação do PPC (pequeno agricultor comercial) Alberto L (em Moatize)

4.1.3 APSAN-Vale Flying Sensor portal

A informação das imagens dos sensores voadores é divulgada através de mapas impressos (como descrito nas secções anteriores), e através de um portal de dados online. Todos os mapas visuais e de estado da vegetação podem ser encontrados no portal online, que pode ser acessado através de https://futurewater.eu/apsanvaleportal/. Os mapas dos sensores voadores são carregados no portal após terem sido processados pelos operadores locais. Desta forma, a equipe operacional pode facilmente acessar os mapas no campo para observar áreas de maior ou menor produtividade da água, usando um tablet, laptop ou smartphone. Uma captura de tela do portal é mostrada na Figura 19. A capa do dossel e os mapas de produtividade da água também são adicionados ao portal, assim como outros recursos como 'Exportar para pdf', o que o torna disponível para download de mapas para uso offline.

Figura 19 Screenshot do APSAN-Vale Flying Sensor Portal, mostrando a opção de selecionar um mapa no lado esquerdo, o mapa de status da vegetação no meio e alguns comentários de exemplo na seção direita

4.2 Cobertura do dossel

Todas as imagens de sensores voadores foram usadas para determinar a cobertura do dossel de 1x1 metros de pixels em cada campo dos PPC's selecionados. Campos que observam a cobertura total pela vegetação resultarão em valores altos para a cobertura do dossel. As imagens dos sensores voadores foram tiradas a intervalos regulares (3-4 semanas), dando assim uma boa apresentação do desenvolvimento da cultura ao longo da estação através do cálculo da cobertura do dossel. Os resultados de um campo de batata de PPC Naume em Báruè é apresentado na Figura 20 para quatro datas de voo durante a estação. O desenvolvimento da cobertura do dossel mostra que as duas parcelas de batata têm sua vegetação de pico em uma época diferente. O campo inferior (Sul) mostra uma cobertura vegetal completa em junho, enquanto o campo superior (Norte) mostra uma cobertura vegetal completa em julho. Em Agosto a maior parte do campo já foi colhida.

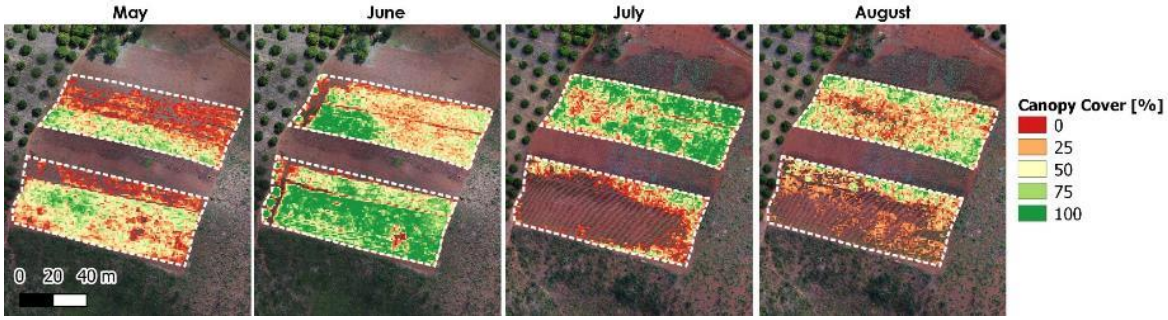

Figura 20 Desenvolvimento da cobertura do dossel sobre dois campos de batatas (PPC Naume em Báruè) para quatro datas de voo

Após a determinação da cobertura do dossel para todos os campos, desenvolve-se uma relação curvilínea, apresentando o desenvolvimento da cultura durante a época de crescimento. O mesmo campo da Figura 20 é mostrado como um gráfico curvilíneo na Figura 21. As quatro datas de vôo são apresentadas no gráfico, sendo a cobertura do dossel de 32%, 49%, 70%, e 43%. No dia do plantio (5 de Maio de 2020) a cobertura do dossel é de 0%. O gráfico mostra que o pico da cobertura do dossel ocorre aproximadamente no dia 55 a 60 após o plantio.

Os resultados da cobertura do dossel são usados em combinação com as simulações da AquaCrop para determinar a produtividade da água e o rendimento das colheitas, de acordo com as condições do campo agrícola.

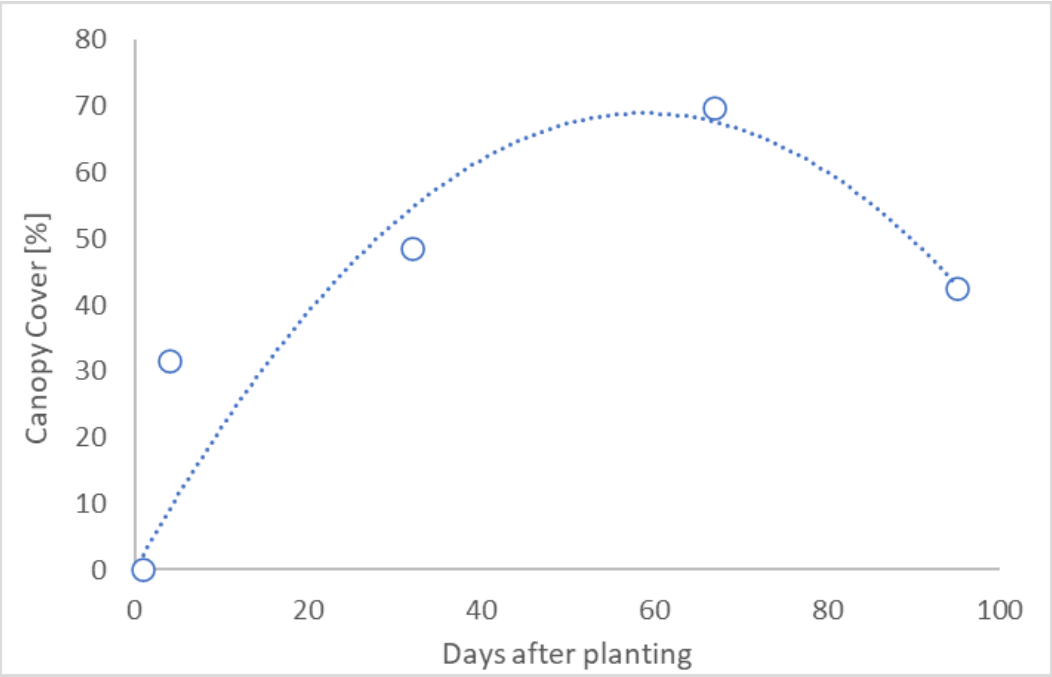

Figura 21 Cobertura do dossel curvilíneo do PPC Naume em Báruè utilizando a cobertura do dossel determinada a partir de quatro voos de sensores voadores (indicados com círculos) e a data de plantio (indicada como primeiro círculo no Dia 0)

4.3 Produtividade da água da AquaCrop

Na AquaCrop são realizadas simulações para apresentar o desenvolvimento da cultura e o manejo agrícola de cada PPC monitorado ao longo desta estação. As decisões de gestão e outros dados de entrada são apresentados no Anexo 1 para cada agricultor. A cobertura do dossel dos sensores voadores é combinada com as simulações da AquaCrop para determinar a produtividade da água e os resultados da colheita. Para Nhamatanda, Moatize, e Báruè os resultados da produtividade da água são apresentados nas Tabelas 7, 8, e 9, respectivamente. Nessas tabelas é apresentada a produtividade da água específica da cultura. Além disso, a produtividade da água é normalizada para as condições climáticas usando a ET de referência da Tabela 6 (Capítulo 3), e a metodologia como descrita na seção 2.6 deste documento. Uma comparação é feita com os valores de avaliação de base para a produtividade da água das culturas, conforme apresentado no FutureWater Report 195[18] . Uma comparação com os valores de base não é fornecida para as culturas típicas de sequeiro, isto é, feijão e milho. Os resultados da estação de irrigação são mais altos que a linha de base, que é calculada para uma estação de chuva. Nos resultados também é apresentado o rendimento da cultura, que é o rendimento da cultura de colheita fresca como calculado pela AquaCrop e usando o índice de colheita e o conteúdo de humidade, que são específicos para cada tipo de cultura e listados na Tabela 4.

No Tabela 7 são apresentados os resultados da produtividade da água e do rendimento das culturas de Nhamatanda para os principais tipos de culturas de couve cultivada, milho, cebola, batata e tomate. Os valores para a produtividade da água do repolho indicam um aumento na produtividade da água em comparação com a linha de base de 13 até 40%. Para a cebola, a produtividade da água também indicou um grande aumento, contudo os valores de base para a cultura da cebola foram relativamente baixos. O tomate foi cultivado na maioria dos campos e indica uma gama de valores da produtividade da água de 0,75 a 1,46 kg/m3 e um rendimento fresco de 4,9 a 12,5 toneladas/ha. A faixa de valores de produtividade da água indica a variabilidade entre os agricultores e suas práticas. Mesmo dentro dos

[18] Van Opstal, J.D., A. Kaune. 2020. Relatório Técnico de Produtividade da Água - Avaliação de base para o projeto APSAN-Vale. Relatório FutureWater 195.

campos do mesmo agricultor (por exemplo, AP_NH_FM_01) existe alguma variabilidade entre os valores de produtividade da água, enquanto os valores de produtividade são semelhantes. Isto provavelmente indica as diferenças na gestão da água, onde os aumentos podem ser alcançados.

Tabela 7 Resultados da produtividade da água da AquaCrop e da colheita, e mudança percentual da produtividade da água em comparação com a linha de base para os agricultores de Nhamatanda

Identificação do Lote (localização e fazendeiro)	Cultura	Produtividade da água [kg/m3]	Produtividade Normalizada da Água [kg/m3]	% de variação com a linha de base	Rendimento das colheitas frescas [ton/ha]
AP_NH_LB-01-04	Couve	1.24	1.36	13%	11.8
AP_NH_EP-01-02	Couve	1.54	1.69	40%	16.5
AP_NH_RB-01-02	Couve	1.49	1.64	35%	15.0
AP_NH_RB-01-03	Couve	1.47	1.62	34%	12.6
AP_NH_LF-01-03	Milho	1.02	1.12	A linha de base é a estação das chuvas	3.5
AP_NH_ASC-01-02	Milho	0.80	0.88		2.2
AP_NH_RB-01-01	Milho	0.96	1.06		2.7
AP_NH_AL-01-02	Milho	0.89	0.98		2.7
AP_NH_LF-01-01	Cebola	0.66	0.73	458%	5.7
AP_NH_LB-01-01	Cebola	0.33	0.36	179%	3.2
AP_NH_LF-01-04	Batata	2.74	3.01	32%	28.1
AP_NH_AM-01-04	Tomate	1.29	1.42	23%	10.5
AP_NH_FM-01-01	Tomate	1.23	1.35	18%	12.5
AP_NH_FM-01-02	Tomate	1.40	1.54	34%	12.0
AP_NH_FM-01-05	Tomate	1.46	1.61	40%	11.8
AP_NH_LF-01-02	Tomate	1.12	1.23	7%	8.2
AP_NH_EP-01-04	Tomate	1.16	1.28	11%	10.8
AP_NH_AL-01-03	Tomate	0.75	0.83	-28%	4.9
AP_NH_EP-02-01	Tomate	1.18	1.30	13%	9.2

A tabela 8 apresenta os resultados da produtividade da água para Moatize PPC's selecionados, para os principais tipos de cultura de repolho, milho e tomate. Para o repolho os valores da produtividade da água indicaram um aumento com a linha de base de 23% para 42%. Os campos de tomate mostraram alguma variabilidade na produtividade da água de 1,27 a 1,67 kg/m3 e um aumento de 1 a 32% em comparação com os valores de base. O rendimento fresco dos campos de repolho e tomateiro é comparável com os relatórios dos campos. Curiosamente, os rendimentos mais baixos do tomate, 15 toneladas/ha, tiveram uma grande diferença na produtividade da água, nomeadamente 1,27 kg/m3 comparados com 1,46 kg/m3. Isto é provavelmente devido à gestão da irrigação (intervalo e taxa de aplicação) e a outras práticas implementadas pelos agricultores.

Tabela 8 Resultados da produtividade da água da AquaCrop e da colheita, e mudança percentual da produtividade da água em relação à linha de base para os agricultores de Moatize

Identificação do Lote (localização e fazendeiro)	Cultura	Produtividade da água [kg/m3]	Produtividade Normalizada da Água [kg/m3]	% de variação com a linha de base	Rendimento das colheitas frescas [ton/ha]
AP_MO_GF-01-02	Couve	1.00	1.42	23%	9.1
AP_MO_AL-01-02	Couve	1.10	1.56	36%	11.8
AP_MO_LG-01-02	Couve	1.01	1.43	25%	13.6
AP_MO_FS-01-03	Couve	1.15	1.63	42%	13.9
AP_MO_FS-01-01	Milho	1.19	1.69		5.2
AP_MO_AJE-01-01	Tomate	1.59	2.26	26%	17.0
AP_MO_GF-01-01	Tomate	1.55	2.20	23%	19.4
AP_MO_MM	Tomate	1.43	2.03	13%	20.1

AP_MO_CM-01-01	Tomate	1.47	2.09	16%	19.7
AP_MO_AL-01-04	Tomate	1.59	2.26	26%	20.6
AP_MO_AL-01-07	Tomate	1.27	1.80	1%	15.0
AP_MO_MC-01-01	Tomate	1.46	2.07	16%	15.0
AP_MO_LG-01-01	Tomate	1.45	2.06	15%	19.5
AP_MO_MVS-01-01	Tomate	1.57	2.23	24%	17.1
AP_MO_FS-01-02	Tomate	1.67	2.37	32%	22.8

A Tabela 9 apresenta os resultados da produtividade da água dos PPC's selecionados em Báruè. São apresentados os principais tipos de culturas, que são feijão, couve, milho, cebola, batata e tomate. Para feijão e milho, a comparação com a linha de base é omitida devido aos valores da linha de base serem representativos para a estação de chuvas e não para a estação de irrigação. Os valores para o aumento da produtividade da água em comparação com a linha de base são mais baixos (ou negativos) para os campos de batata e tomate. Estas culturas são mais sensíveis ao corte de água, o que na AquaCrop resulta em perda de rendimento. Isto ocorreu especialmente nas simulações de Báruè, devido ao tipo de solo ser argiloso. Isto é ainda mais acentuado devido à maior pluviosidade que ocorre em Báruè (como se mostra no Capítulo 3). Entretanto, na prática, com os eventos de chuva, é esperado que os agricultores ajustem seus eventos de irrigação de acordo para evitar o corte de água. Esta resposta foi em simulações atuais da AquaCrop não incorporadas, resultando em valores de produtividade (e produtividade da água) menores do que o esperado.
Em geral, o aumento da produtividade da água para o repolho foi de -4 a 53% em comparação com os valores de base. Para o tomate o aumento na produtividade da água foi de -26 a 12%.

4.4 Mapas de produtividade da água de campo

Os resultados da produtividade da água da AquaCrop e das imagens do Sensor Voador são apresentados em mapas de campo de produtividade da água nas Figuras 22, 23 e 24, para Nhamatanda, Báruè, e Moatize, respectivamente. Para cada PPC, os valores da produtividade da água são apresentados incluindo a mudança com a linha de base e a área em ha. Os valores da produtividade da água variam de baixa (vermelha) a alta (verde), porém a comparação entre campos com diferentes tipos de cultivo não é relevante. Por exemplo, a produtividade da água da cebola é baixa em comparação com a da couve ou do tomate, devido à diferença entre a cultura colhida e a cobertura vegetal. Em geral, a maioria dos PPC's mostram um aumento positivo da produtividade da água em comparação com os valores de base.

Tabela 9 Resultados da produtividade da água da AquaCrop e da colheita, e variação percentual da produtividade da água em relação à linha de base para os agricultores de Báruè*

Identificação do Lote (localização e fazendeiro)	Cultura	Produtividade da água [kg/m3]	Produtividade Normalizada da Água [kg/m3]	% de variação com a linha de base	Rendimento das colheitas frescas [ton/ha]
AP_BA_DVS-01-01	Feijão	0.55	0.48		1.7
AP_BA_RF-01-02	Feijão	0.68	0.60		2.6
AP_BA_ST-01-03	Feijão	0.58	0.51		1.9
AP_BA_CF-01-01	Feijão	0.65	0.57		1.8
AP_BA_DN-01-01	Feijão	0.55	0.48		1.7
AP_BA_MTC-01-01	Feijão	0.75	0.66		2.4
AP_BA_AJ-01-01	Couve	1.58	1.39	22%	17.8
AP_BA_AJ-01-02	Couve	1.25	1.10	-4%	10.0
AP_BA_GM-01-03	Couve	1.58	1.39	22%	17.8
AP_BA_JLC-01-01	Couve	1.66	1.46	28%	12.1
AP_BA_JLC-01-02	Couve	1.57	1.38	21%	11.3
AP_BA_ACI-01-02	Couve	1.41	1.24	9%	15.6

AP_BA_ACI-01-04	Couve	1.59	1.40	22%	17.0
AP_BA_ML-01-01	Couve	1.60	1.40	23%	11.5
AP_BA_DVS-01-02	Couve	1.58	1.39	22%	17.8
AP_BA_ST-01-01	Couve	1.58	1.39	22%	17.8
AP_BA_CF-01-02	Couve	1.87	1.64	44%	13.2
AP_BA_CF-01-03	Couve	1.99	1.75	53%	14.2
AP_BA_JDR-01-01	Couve	1.57	1.38	21%	11.3
AP_BA_JDR-01-02	Couve	1.45	1.27	12%	10.4
AP_BA_MFD-01-01	Couve	1.57	1.38	21%	11.3
AP_BA_MFD-01-02	Couve	1.64	1.44	26%	11.9
AP_BA_MFD-01-03	Couve	1.66	1.46	28%	12.1
AP_BA_BV-01-03	Couve	1.68	1.47	29%	12.2
AP_BA_MTC-01-02	Couve	1.58	1.39	22%	17.8
AP_BA_ST-01-02	Milho	1.13	0.99		3.8
AP_BA_DN-01-02	Milho	0.51	0.45		1.3
AP_BA_CF-01-01	Cebola	0.38	0.33	157%	4.6
AP_BA_ST-01-01	Cebola	0.31	0.27	109%	3.8
AP_BA_JDR-01-03	Cebola	0.41	0.36	177%	4.6
AP_BA_MFD-01-03	Cebola	0.35	0.31	136%	4.2
AP_BA_BV-01-02	Cebola	0.35	0.31	136%	3.9
AP_BA_NZ-01-01	Batata	2.16	1.90	-44%	17.3
AP_BA_NZ-01-02	Batata	1.69	1.48	-56%	8.7
AP_BA_GM-01-02	Batata	2.15	1.89	-44%	17.9
AP_BA_GM-01-01	Tomate	1.06	0.93	-16%	10.0
AP_BA_JLC-01-03	Tomate	1.29	1.13	2%	10.5
AP_BA_ACI-01-01	Tomate	1.41	1.24	12%	13.0
AP_BA_ML-01-02	Tomate	1.17	1.03	-7%	9.8
AP_BA_RF-01-01	Tomate	1.01	0.89	-20%	9.8
AP_BA_CF-01-01	Tomate	1.19	1.04	-5%	7.9
AP_BA_CF-01-01	Tomate	1.24	1.09	-2%	8.5
AP_BA_JDR-01-04	Tomate	1.33	1.17	6%	11.2
AP_BA_MFD-01-02	Tomate	1.37	1.20	9%	11.9
AP_BA_MFD-01-03	Tomate	0.93	0.82	-26%	11.7

*Para Báruè veja os valores atualizados no tabela 24 em Addendum.

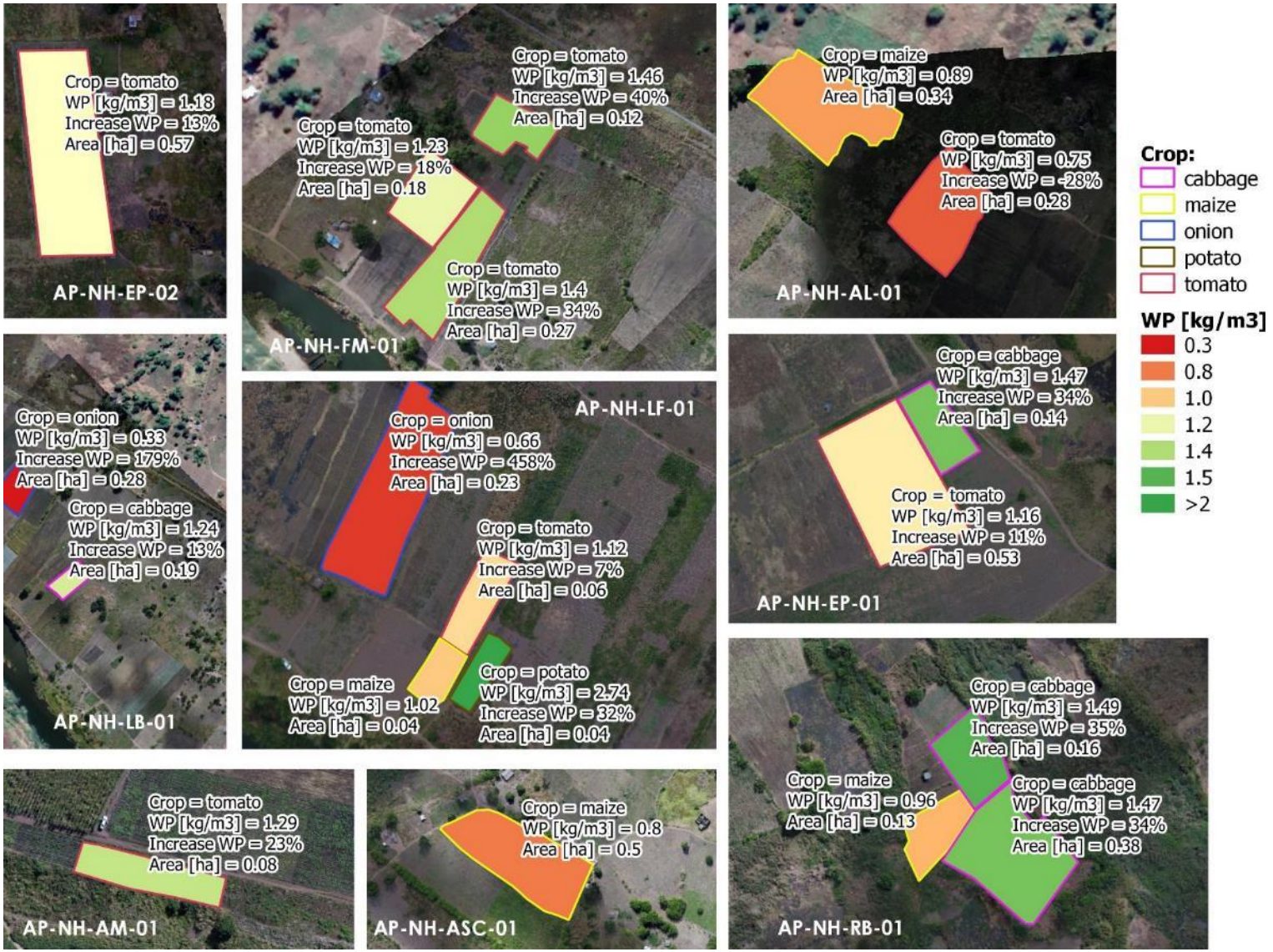

Figura 22 Mapas de produtividade da água de campo de Nhamatanda para PPC's selecionados para os principais tipos de culturas

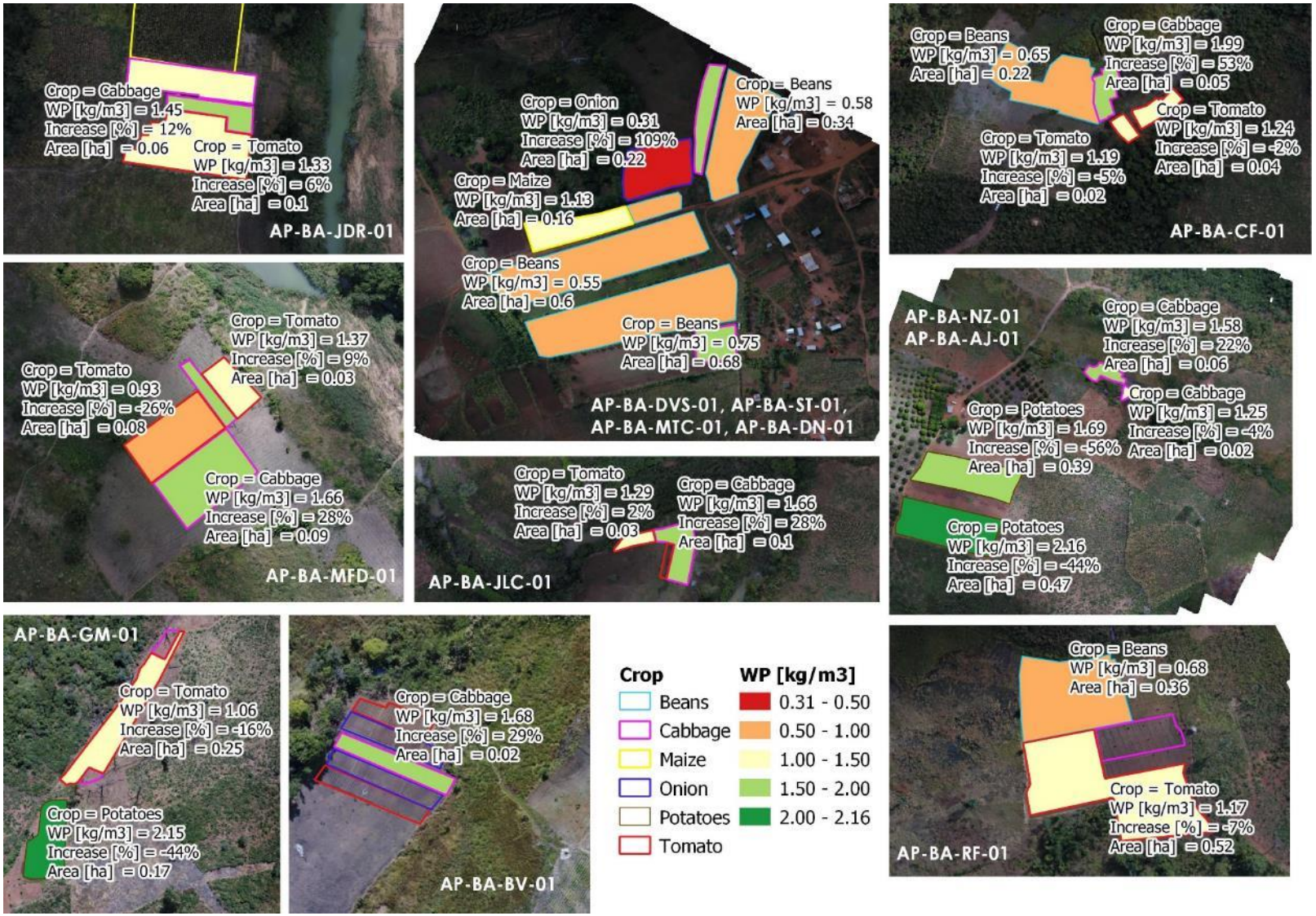

Figura 23 Mapas de produtividade da água de campo de Báruè para os PPC's selecionados para os principais tipos de cultura

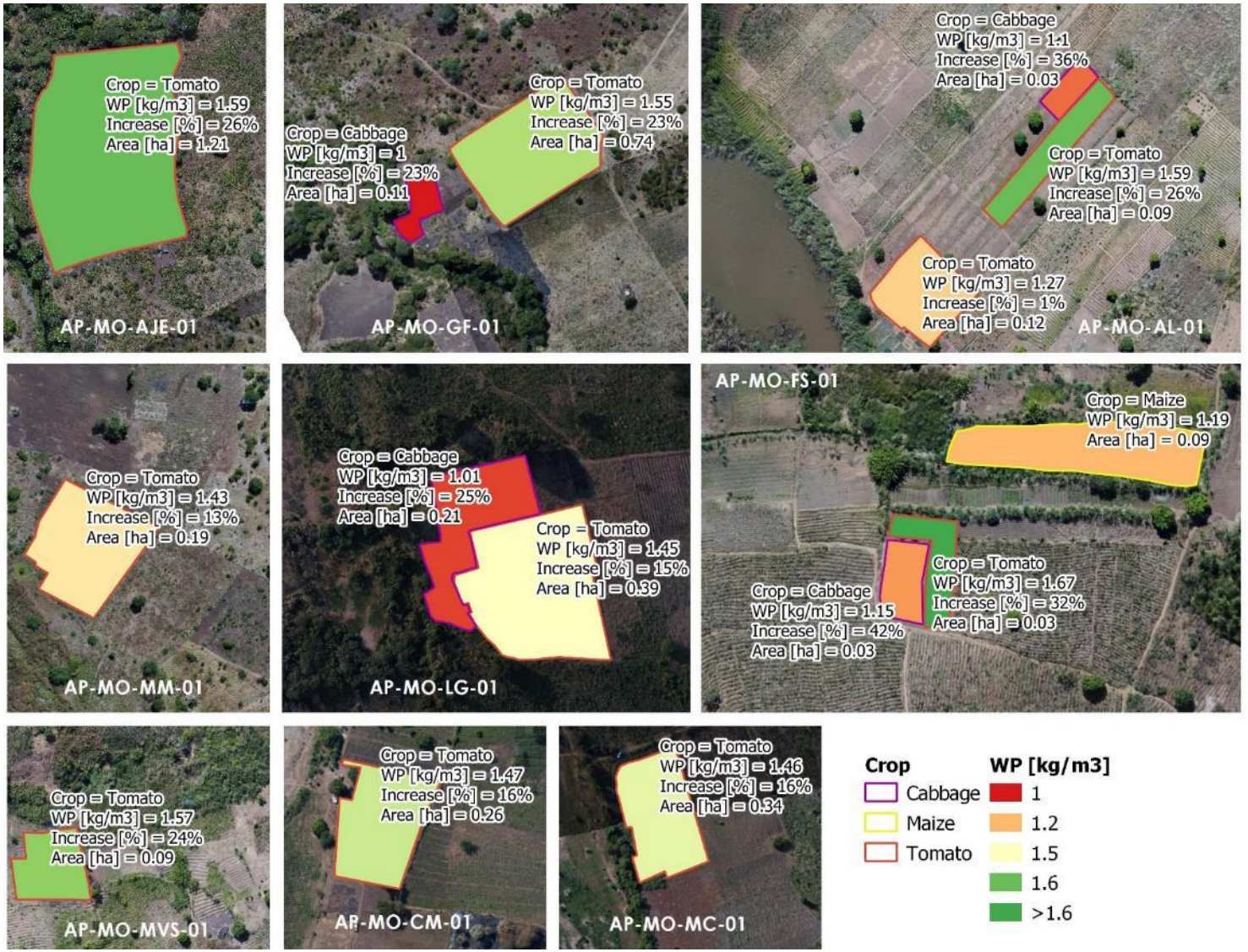

Figura 24 Mapas de produtividade da água do campo de Moatize PPC's selecionados para os principais tipos de culturas

5 Resultados da Produtividade da Água em Escala de Sub-bacia

A escala da sub-bacia é descrita como o nível entre a escala de campo dos CPP's seleccionados e a escala da bacia delineada para cada distrito. A escala da sub-bacia foi determinada como sendo uma área de 30 ha. em torno de cada CPP selecionado, conforme descrito na seção 2.1.2. deste documento e apresentado nas Figuras 3, 4, e 5.

Os dados do portal WaPOR foram obtidos para a época de rega de 2020: Maio de 2020 a Setembro de 2020. Os produtos de dados descarregados da WaPOR foram a Evapotranspiração Real (em mm) e a Produção Primária Líquida, que foi convertida para Produção de Biomassa Acima do Solo (em ton/ha). Estes produtos de dados foram utilizados para calcular a produtividade da água da biomassa para cada local de sub-bacia. Os resultados são apresentados na Tabela 10 para cada local.

Os maiores valores de produtividade da água são consistentemente encontrados em Báruè, devido ao clima favorável nesta região. Os valores mais baixos para a produtividade da água são encontrados em Nhamatanda. Em Moatize os maiores valores de produtividade da água são encontrados em Zobue, que está mais perto da cordilheira e provavelmente tem condições mais favoráveis.

Os mapas dos resultados da produtividade das sub-bacias hidrográficas são apresentados no Anexo 2 deste documento.

Tabela 10 Resultados médios da análise da produtividade da água das sub-bacias utilizando o portal de dados WaPOR

Distrito	Sub-bacia	Evapo-transpiração real [mm]	Produção de Biomassa [ton/ha]	Produtividade da água da biomassa [kg/m3]
Báruè	Catandica I	308	6.08	1.97
	Catandica II	292	5.84	2.00
	Catandica III	254	4.89	1.93
	Catandica IV	253	4.49	1.78
Moatize	Moatize	187	2.84	1.52
	Samoa	258	3.78	1.46
	Zobue	273	4.48	1.64
Nhamatanda	Metuchira	316	4.42	1.40
	Tica I	299	4.00	1.34
	Tica II	371	5.15	1.39

6 Resultados da Produtividade da Água em Escala de Bacia

As (sub-)bacias foram delineadas para cada distrito, como mostrado na Figura 6. Estas delimitações foram utilizadas com o portal de dados WaPOR para determinar a produtividade da água de biomassa para cada local. A Tabela 11 fornece uma visão geral das estatísticas encontradas para a produtividade da água, evapotranspiração e produção de biomassa para cada bacia e disfarçando apenas os pixels da terra de cultivo. A produtividade da água foi maior para Báruè, seguida por Moatize, e por último Nhamatanda. A menor produtividade da água pode ser atribuída aos maiores valores de evapotranspiração reportados em WaPOR durante a época de crescimento. Báruè apresenta a maior produção de biomassa da área.

Tabela 11 Resumo das estatísticas de produtividade da água, evapotranspiração e produção de biomassa para as bacias hidrográficas de distritos de projectos seleccionados

		Báruè	Moatize	Nhamatanda
Evapotrans-piração real [mm]	Média média	337	316	366
	percentil 10	261	239	300
	percentil 90	408	393	437
Produção de biomassa [ton/ha]	Média média	6.2	5.1	5.3
	percentil 10	4.6	3.6	4.0
	percentil 90	7.7	6.5	6.7
Produtividade da água [kg/m3]	Média média	1.83	1.60	1.44
	percentil 10	1.69	1.41	1.30
	percentil 90	1.98	1.81	1.57

A Figura 25 mostra os mapas de produtividade da água de cada bacia. Em Báruè, a produtividade da água mostra a distribuição uniforme. Em Moatize, a área a montante apresenta valores de produtividade da água mais elevados do que a jusante. Essas áreas também estão mais próximas da cordilheira, o que pode influenciar as condições climáticas locais. O mesmo ocorre em Báruè, onde os maiores valores de produtividade da água são observados mais perto da cordilheira. O número de pixels de terra de cultivo em Nhamatanda é limitado, portanto menos variação espacial pode ser observada.

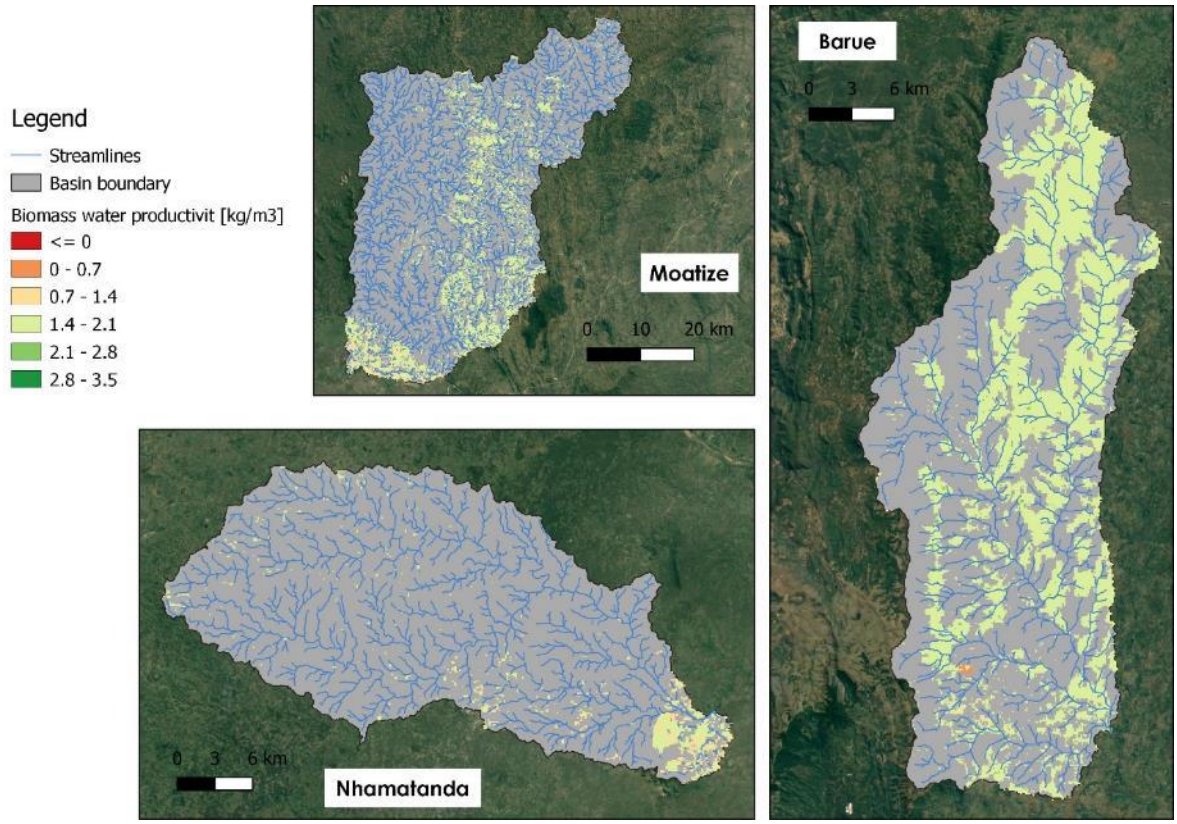

Figura 25 Produtividade sazonal da água de biomassa para pixels de terras de cultivo em Moatize, Báruè e Nhamatanda na escala da bacia utilizando o portal de dados WaPOR

7 Avaliação da Produtividade Sazonal da Água

O relatório[19] de avaliação de base da produtividade da água forneceu a produtividade média da água durante um período de 17 anos (2001 - 2017). Esta é considerada a linha de base da produtividade da água para os locais do projecto, sem quaisquer intervenções colocadas pelas actividades da APSAN-Vale. Durante a época de irrigação, o projeto trabalhou com vários PPC's para melhorar a produtividade da água de sua fazenda e, posteriormente, também vários EPI's (pequenos produtores agrícolas) e comunidades vizinhas.

A avaliação da produtividade da água é realizada em três níveis. Em primeiro lugar, é avaliada a mudança da produtividade da água devido a intervenções específicas no campo dos PPC's. Este nível é considerado a escala local de mudança da produtividade da água. Em segundo lugar, é avaliada a mudança de produtividade da água das comunidades vizinhas. Isto será influenciado pelos EPI's vizinhos e comunidades que adotam as intervenções. Por último, o nível da bacia, que é considerado como mostrando o aumento da produtividade global da água da região ou da escala da bacia. Durante esta estação as actividades foram focalizadas numa selecção de PPC's e num conjunto de comunidades.

As seções seguintes elaboram a mudança na produtividade da água do PPC em comparação com o relatório de base; e a mudança na produtividade global da água usando a base de dados WaPOR para avaliar para uma área maior (comunidades ou escala de sub-bacia e bacia). Ambas as avaliações fazem uso da normalização da produtividade da água para as condições climáticas sazonais, como explicado na seção 2.6 deste documento. Assim, as mudanças na produtividade da água ligadas às condições meteorológicas sazonais são reduzidas na avaliação. A avaliação da produtividade da água ao nível do PPC é apresentada seguida pela avaliação da produtividade global da água ao nível da sub-bacia e bacia.

7.1 Avaliação da produtividade da água a nível de campo

O capítulo 4 deste relatório apresenta os resultados dos valores da produtividade da água em escala de campo. Uma visão geral desta análise é fornecida nas Tabelas 12, 13 e 14. O Tabela 12 apresenta a produtividade da água dos campos de tomate. O tabela 13 apresenta a produtividade da água dos campos de repolho. O Tabela 14 oferece uma visão geral de cada distrito e de todos os principais tipos de culturas avaliadas durante a época de irrigação. A produtividade da água é normalizada para as influências climáticas usando a evapotranspiração de referência. Isto é comparado com a mediana da linha de base.

A tabela 12 indica que a produtividade do tomate apresentou a maior melhoria na produtividade da água em Moatize, seguida por Nhamatanda, e por último Báruè com 19, 15, e -7% respectivamente. O aumento global na produtividade da água do tomate foi de 9%.

Como mencionado no capítulo 4, os valores mais baixos na produtividade da água para Báruè podem ser atribuídos à precipitação e ao ajuste na gestão da água, que não é totalmente reflectida nas simulações da AquaCrop. Além disso, a correção da produtividade normalizada da água diminuiu a produtividade da água devido à evapotranspiração de referência inferior à média. Contudo, devido às grandes diferenças de elevação no distrito de Báruè, espera-se uma variação local do tempo, que não é possível de captar com a estação meteorológica ou dados de satélite.

Os resultados sobre o rendimento fresco mostraram os valores mais altos para Moatize. Nhamatanda e Báruè apresentaram valores semelhantes em rendimento fresco.

[19] Van Opstal, J.D., A. Kaune. 2020. Relatório Técnico de Produtividade da Água - Avaliação de linha de base do projeto APSAN Vale. Relatório FutureWater 195.

A tabela 13 mostra uma análise semelhante, mas depois para os campos de repolho. O aumento na produtividade da água foi semelhante para todos os distritos sendo de 23%, 31% e 30% para Báruè, Moatize e Nhamatanda, respectivamente. O aumento global na produtividade da água de repolho foi de 28%. O rendimento fresco também mostra valores semelhantes com Nhamatanda sendo ligeiramente superior com 14 ton/ha, seguido por Báruè com 13,8 ton/ha e Moatize com 12,1 ton/ha.

Tabela 12 Produtividade normalizada da água do tomate (em kg/m3) e rendimento fresco (em ton/ha) para a época de irrigação de 2020, em comparação com a linha de base

	Báruè*	Moatize	Nhamatanda	Em geral
Produtividade da água na linha de base				
Faixa [kg/m3]	0.69 – 1.45	1.50 – 2.25	1.02 – 1.35	
Mediana [kg/m3]	1.11	1.79	1.15	
Estação de rega 2020 produtividade da água				
Faixa [kg/m3]	0.77 – 1.24	1.80 – 2.37	0.83 – 1.61	
Média (média) [kg/m3]	1.03	2.13	1.32	
Variação relativa (%)	-7%	+19%	+15%	9%
Época de rega 2020 rendimento fresco				
Alcance [ton/ha]	7.5 – 13.0	15.0 – 22.8	4.9 – 12.5	
Média (média) [ton/ha]	10.2	18.6	10.0	

*Para Báruè veja os valores atualizados no tabela 21 em Addendum.

Tabela 13 Produtividade da água de repolho normalizada (em kg/m3) e rendimento fresco (em ton/ha) para a estação de irrigação de 2020, em comparação com a linha de base

	Báruè*	Moatize	Nhamatanda	Em geral
Produtividade da água na linha de base				
Faixa [kg/m3]	0.73 – 1.44	0.81 – 1.54	0.78 – 1.55	
Mediana [kg/m3]	1.14	1.15	1.21	
Estação de rega 2020 produtividade da água				
Faixa [kg/m3]	1.10 – 1.75	1.42 – 1.63	1.36 – 1.69	
Média (média) [kg/m3]	1.40	1.51	1.58	
Variação relativa (%)	+23%	+31%	+30%	+28%
Época de rega 2020 rendimento fresco				
Alcance [ton/ha]	10.0 – 17.8	9.1 – 13.9	11.8 – 16.5	
Média (média) [ton/ha]	13.8	12.1	14.0	

*Para Báruè veja os valores atualizados no tabela 22 em Addendum.

A tabela 14 indica a avaliação geral da produtividade da água para a época de irrigação no campo. Os valores são ponderados pelo número de campos para cada valor, assumindo que os campos são semelhantes em tamanho. O aumento global na produtividade da água foi de 25% para Báruè, 23% para Moatize, e 61% para Nhamatanda. As maiores mudanças na produtividade da água são atribuídas principalmente às culturas de cebola, que tinham um valor de base baixo. Em geral, o aumento na produtividade da água é de 33%, o que é relatado como tal no quadro lógico e nos relatórios de progresso.

Tabela 14 Mudança geral na produtividade da água para a estação de irrigação de 2020 em comparação com a linha de base para todos os principais tipos de culturas (tomate, couve, batata e cebola), ponderada pelo número de parcelas, conforme indicado entre parênteses

	Báruè*	Moatize	Nhamatanda	Em geral
Tomate	-7% (11)	+19% (10)	+15% (8)	
Couve	+23% (19)	+31% (4)	+30% (4)	
Batata	-48% (3)		+32% (1)	
Cebola	+143% (5)		+319% (2)	
Em geral	+25%	+23%	+61%	+33%

*Para Báruè veja os valores atualizados no tabela 23 em Addendum.

7.2 Avaliação da produtividade da água na escala da sub-bacia

O capítulo 5 desenvolve a análise realizada na escala da sub-bacia, utilizando as comunidades ou campos circundantes em torno de cada PPC. A Tabela 15 apresenta a avaliação na escala da sub-bacia utilizando a produtividade normalizada da água. Os valores são comparados com os valores de base para a análise à escala da bacia, que são considerados representativos das áreas de cultivo no distrito. O aumento médio na produtividade da água foi de 11% em Báruè, 44% em Moatize, e 15% em Nhamatanda. A média geral é de 22% de aumento na produtividade da água da biomassa.

Tabela 15 Produtividade da biomassa normalizada da água para sub-bacias e a mudança com os valores de base

	Produtividade normalizada da água [kg/m3]	Alteração relativa com a linha de base [%]	Em geral
Báruè			+11%
CatandicaI	1.71	+14%	
CatandicaII	1.73	+15%	
CatandicaIII	1.66	+11%	
CatandicaIV	1.54	+2%	
Moatize			+44%
Moatize	2.11	+42%	
Samoa	2.03	+37%	
Zobue	2.28	+54%	
Nhamatanda			+15%
Metuchira	1.53	+17%	
TicaI	1.46	+12%	
TicaII	1.52	+16%	
Em geral			+22%

7.3 Avaliação da produtividade da água à escala da bacia

A avaliação da produtividade da água à escala da bacia foi realizada utilizando os resultados da WaPOR do capítulo 6. Estes indicam os valores da produtividade da água para os pixels da terra de cultivo nas bacias seleccionadas do projecto para a época de rega. A Tabela 16 apresenta os valores da produtividade da água da biomassa após a normalização para as condições climáticas de 2020 e a comparação com os valores de base. Um aumento da produtividade da água da biomassa foi percebido para todas as bacias selecionadas, variando de 5% a 50%. O aumento médio para todos os distritos da produtividade da água de biomassa é de 25%. Esta é uma tendência positiva e requer mais investigação para determinar até que magnitude o aumento está relacionado com as intervenções de campo e adopção por parte da comunidade. Contudo, é semelhante à análise da sub-bacia, tal como representada na Tabela 15, indicando assim que são observadas melhorias na produtividade da água também na escala comunitária e regional.

Tabela 16 Produtividade da água de biomassa (kg/m3) para a estação de irrigação de 2020 à escala da bacia, em comparação com a linha de base

	Báruè	Moatize	Nhamatanda	Em geral
Época de rega 2020	1.83	1.60	1.44	
Época de rega 2020 (Normalizado)	1.58	2.22	1.57	
Linha de base	1.50	1.48	1.31	
Variação relativa (%)	+5%	+50%	+20%	+25%

8 Observações finais

Os resultados da produtividade da água, tal como apresentados neste relatório, fornecem uma visão do impacto das actividades do projecto, tanto à escala do campo, da sub-bacia e da bacia hidrográfica. Vários métodos foram utilizados para fornecer uma avaliação fiável da produtividade da água, utilizando os dados disponíveis do campo, imagens de sensores voadores e conjuntos de dados de detecção remota de acesso aberto da WaPOR.

A produtividade da água à escala do campo apresentou resultados para 32 agricultores que foram monitorados durante toda a estação de irrigação como parte do projeto APSAN-Vale. Um total de 67 campos forneceu resultados de produtividade da água à escala do campo para os principais tipos de culturas: tomate, couve, batata, cebola, feijão e milho. Os resultados sobre imagens de sensores voadores, simulações AquaCrop e mapas de produtividade da água do campo foram apresentados no Capítulo 4. Após a normalização das condições climáticas, o aumento da produtividade da água em média para todos os tipos de culturas foi de 25% em Báruè, 23% em Moatize e 61% em Nhamatanda, resultando em um aumento médio de 33% em comparação com os valores de base.
Os resultados da produtividade da água do campo de 32 agricultores, dão uma boa indicação das tendências em alta e baixa produtividade da água. Estes podem ser combinados com os dados de monitoramento dos parceiros da APSAN-Vale, indicando a adoção de práticas destes agricultores e os treinamentos que foram atendidos. Esta análise será apresentada em reuniões do projeto e relatada após a próxima estação de irrigação.

Além disso, a produtividade da água foi calculada na escala da sub-bacia, que é representativa da comunidade de agricultores que adotam práticas que estão sendo demonstradas e promovidas pelos PPC's selecionados. Uma área de 30ha em torno de cada PPC selecionado é determinada para ser representativa da área da sub-bacia. Isto pode ser ajustado nas estações seguintes, orientado por mais informações de campo sobre a disseminação da adoção de práticas. Na escala da sub-bacia, a análise da produtividade da água faz uso do portal de dados WaPOR e calcula a produtividade da água de biomassa. Os maiores valores de produtividade da água foram encontrados em Báruè, seguido por Moatize, e por último Nhamatanda. Estes valores foram normalizados e avaliados com os valores de base para a produtividade da água da biomassa da bacia. Isto indicou um aumento global na produtividade da água de 22%.
Na próxima temporada, as áreas omitidas nas atividades da APSAN Vale também podem ser comparadas para determinar se o aumento da produtividade da água de biomassa é devido às atividades promovidas na APSAN Vale. Além disso, os dados de campo dos campos APSAN Vale podem indicar se o aumento da biomassa também é convertido em aumento do produto colhível.

Na escala da bacia, a delimitação das bacias de cada distrito foi usada como limite da bacia. A produtividade da água foi determinada utilizando o portal de dados WaPOR que fornece valores sobre a produtividade da água de biomassa. Estes valores são comparados com a avaliação de base e determinaram um aumento da produtividade da água de 5%, 50%, e 20% para Báruè, Moatize, e Nhamatanda respectivamente. O aumento médio na produtividade da água de biomassa foi de 25% para todos os distritos em conjunto.

Tanto as melhorias percebidas à escala de campo como à escala da bacia indicam resultados promissores e atingem as metas estabelecidas no quadro lógico. A continuação desta análise com a adopção de práticas ajudará a determinar intervenções eficazes para melhorar a produtividade da água e facilitará o aumento da melhoria da produtividade da água.

Anexo 1 - Visão geral dos dados de entrada

Esta tabela fornece uma visão geral dos dados recolhidos pelas observações locais e pelos livros de campo. Com base nestas informações, as execuções da AquaCrop foram configuradas.

Tabela 17 Dados de entrada de campo de Báruè

	Crop				Field mgt				Irrigation		
ID plot	Crop type (EN)	Crop type (PT)	Planting date	Planting density [plnts/m2]	Fertilizer use (low, moderate, optimal)	Mulching yes/no	Weed mgt (low, moderate, high)	Runoff mgt (yes/no)	Irrigation (yes/no)	Irrigation method	Irrigation interval (days)
AP_BA_NZ-01-01	Potato	Batata	02/04/2020	4.2	Optimal	no	Low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_NZ-01-02	Potato	Batata	*05/05/2020*	3.3	Optimal	no	Low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_AJ-01-01	Cabbage	Repolho	18/Apr	3.3	low	no	Low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_AJ-01-02	Cabbage	Couve	28/May	5.6	low	no	Low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_GM-01-01	Tomato	Tomate	25/05/2020	2.5	Optimal	no	Low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_GM-01-02	Potato	Batata	04/04/2020	4.2	Optimal	no	Low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_GM-01-03	Cbbage	Repolho	22/05/2020	3.3	Optimal	no	Low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_JLC-01-01	Cabbage	Couve	29/04/2020	5.6	low	no	Low	yes	yes	surface	3
AP_BA_JLC-01-02	Cabbage	Repolho	02/05/2020	3.3	low	no	Low	yes	yes	surface	3
AP_BA_JLC-01-03	Tomato	Tomate	01/05/2020	2.5	low	no	Low	yes	yes	surface	3
AP_BA_ACI-01-01	Tomato	Tomate	17/Apr	3.0	Optimal	no	Low	yes	yes	sprinkler	3
AP_BA_ACI-01-02	Cabbage	Couve	02/May	5.6	Optimal	no	Low	yes	yes	sprinkler	3
AP_BA_ACI-01-04	Cabbage	Repolho	28/Apr	3.3	Optimal	no	Low	yes	yes	sprinkler	3
AP_BA_ML-01-01	Cabbage	Repolho	18/May	4.0	Optimal	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_ML-01-02	Tomato	Tomate	12/May	2.5	Optimal	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_DVS-01-01	Bean	Feijao		20.0	low	no	Moderate	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_DVS-01-02	Cabbage	Repolho	02/May	3.3	low	no	Moderate	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_RF-01-01	Tomato	Tomate	21/Jun	2.5	Optimal	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_RF-01-02	Cabbage	Repolho	12/May	3.3	Optimal	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_RF-01-02	Bean	Feijao	23/Mar	20	Optimal	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_ST-01-01	Onion	Cebola	15/May	33.3	Optimal	no	low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_ST-01-01	Cabbage	Repolho	12/May	3.3	Optimal	no	low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_ST-01-02	Maize	Milho	10/May	4.2	Optimal	no	low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_ST-01-03	Bean	Feijao	25/Apr	20.0	Optimal	no	low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_CF-01-01	Tomato	Tomate	11/May	2.5	low	no	low	yes	yes	Drip	3
AP_BA_CF-01-01	Oniom	Cebola	02/Aug	33.3	low	no	low	yes	yes	Drip	3
AP_BA_CF-01-01	Tomato	Tomato	02/Jul	2.5	low	no	low	yes	yes	Drip	3
AP_BA_CF-01-01	Bean	Feijao		20	low	no	low	yes	yes	Drip	3
AP_BA_CF-01-02	Cabbage	Repolho	25/Apr	3.3	low	no	low	yes	yes	Drip	3
AP_BA_CF-01-03	Cabbage	Couve	24/Jul	5.6	low	no	low	yes	yes	Drip	3
AP_BA_JDR-01-01	Cabbage	Repolho	25/May	3.3	Optimal	no	low	yes	Yes	surface	3
AP_BA_JDR-01-02	Cabbage	Couve	05/May	5.6	Optimal	no	low	yes	Yes	surface	3
AP_BA_JDR-01-03	Onion	Cebola	01/Jun	33.3	Optimal	no	low	yes	Yes	surface	3
AP_BA_JDR-01-04	Tomato	Tomate	24/Apr	2.5	Optimal	no	low	yes	Yes	surface	3
AP_BA_MFD-01-01	Cabbage	Repolho	20/Apr	3.3	Optimal	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_MFD-01-02	Tomato	Tomate	21/Apr	2.5	Optimal	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_MFD-01-02	Cabbage	Couve	22/Apr	5.6	Optimal	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_MFD-01-03	Onion	Cebola	20/Apr	33.3	Optimal	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_MFD-01-03	Cabbage	Couve	03/Aug	5.6	Optimal	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_MFD-01-03	Tomato	Tomate	29/Jul	2.5	Optimal	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_BV-01-01	Tomato	Tomate	15/Jun	2.5	low	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_BV-01-02	Onion	Cebola	24/Jun	33.3	low	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_BV-01-03	Cabbage	Couve	03/Jun	5.6	low	no	low	yes	yes	surface	3
AP_BA_DN-01-01	Bean	Feijao	02/May	20.0	low	no	low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_DN-01-02	Maize	Milho	09/Jun	4.2	low	no	low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_MTC-01-01	Bean	Feijao	03/Apr	20.0	Optimal	no	low	no	yes	sprinkler	3
AP_BA_MTC-01-02	Cabbage	Repolho	28/Jul	3.3	Optimal	no	low	no	yes	sprinkler	3

Tabela 18 Dados de entrada de campo de Moatize

	Crop			Field mgt				Irrigation		
ID plot	Crop type (PT)	Planting date	Planting density [plnts/m2]	Fertilizer use (low, moderate, optimal)	Mulching yes/no	Weed mgt (low, moderate, high)	Runoff mgt (yes/no)	Irrigation (yes/no)	Irrigation method	Irrigation interval (days)
AP_MO_AJE-01-01	Tomate	12.04.2020	80x60	Moderate	no	High	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	5 dias
AP_MO_GF-01-01	Tomate	02.04.2020	80x60	Low	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	6 dias
AP_MO_GF-01-02	Couve	28.04.2020	50x50	Low	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	6 dias
AP_MO_MM	Tomate	15.04.2020	80x60	Optimal	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	6 dias
AP_MO_CM-01-01	Tomate	15.04.2020	80x60	Moderate	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	7 dias
AP_MO_CM-01-02	Pimenta	16.04.2020	50x50	Moderate	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	7 dias
AP_MO_ZM	Tomate	20.04.2020	80x60	Low	no	Low	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	8 dias
AP_MO_AL-01-02	Repolho	15.04.2020	50x50	Moderate	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	8 dias
AP_MO_AL-01-04	Tomate	12.04.2020	80x60	Moderate	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	8 dias
AP_MO_AL-01-05	Cebola	15.05.2020	15x15	Moderate	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	8 dias
AP_MO_AL-01-07	Tomate	02.05.2020	80x60	Moderate	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	8 dias
AP_MO_MC-01-01	Tomate	25.04.2020	80x60	Moderate	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	05 dias
AP_MO_MC-01-02	Feijao	30.04.2020	40x50	Low	no	Low	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	05 dias
AP_MO_LG-01-01	Tomate	5.04.2020	80x60	Low	no	Low	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	05 dias
AP_MO_LG-01-02	Repolho	3.04.2020	50x50	Low	no	Low	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	05 dias
AP_MO_MVS-01-01	Tomate	25.04.2020	80x60	Low	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	7 dias
AP_MO_FS-01-01	Milho	15.03.2020	90x40	Low	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	06 dias
AP_MO_FS-01-02	Tomate	20.03.2020	80x60	Moderate	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	06 dias
AP_MO_FS-01-03	Repolho	25.03.2020	50x50	Moderate	no	Moderate	yes	yes	Sulcos (Gravidade)	06 dias

Tabela 19 Dados de entrada de campo de Nhamatanda

	Crop				Field mgt				Irrigation		
ID plot	Crop type (PT)	Planting date	Harvest date (optional) Data de Colheita	Planting density [plnts/m2]	Fertilizer use (low, moderate, optimal)	Mulching yes/no	Weed mgt (low, moderate, high)	Runoff mgt (yes/no)	Irrigation (yes/no)	Irrigation method	Irrigation interval (days)
AP_NH_AM-01-04	Tomate	15.04.2020	29.06.2020	2.1	Moderate	no	Low	yes	yes	Sulcos	8 dias
AP_NH_FM-01-01	Tomate	01.04.2020	28.06.2020	2.1	Moderate	no	Low	yes	yes	Sulcos	8 dias
AP_NH_FM-01-02	Tomate	01.04.2020	28.06.2020	2.1	Moderate	no	Low	yes	yes	Sulcos	8 dias
AP_NH_FM-01-05	Tomate	15.04.2020	04.07.2020	2.1	Moderate	no	Low	yes	yes	Sulcos	8 dias
AP_NH_LF-01-01	Cebola	01.05.2020	07.07.2020	44.44	Moderate	no	Low	yes	yes	Sulcos	8 dias
AP_NH_LF-01-02	Tomate	18.04.2020	29.06.2020	2.08	Moderate	no	Low	yes	yes	Sulcos	8 dias
AP_NH_LF-01-03	Milho	28.04.2020	16.08.2020	2.78	Moderate	no	Low	yes	yes	Sulcos	8 dias
AP_NH_LF-01-04	Batata doce	02.04.2020	30.08.2020	13.33	Moderate	no	Low	yes	yes	Sulcos	8 dias
AP_NH_ASC-01-02	Milho	25.04.2020	14.08.2020	2.8	Low	no	Low	yes	yes	Sulcos	7 dias
AP_NH_LB-01-01	Cebola	28.04.2020	28.06.2020	44.44	Moderate	no	Low	yes	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_LB-01-03	Cebola	27.04.2020	27.06.2020	44.44	Moderate	no	Low	yes	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_LB-01-04	Repolho	20.04.2020	02.07.2020	2.78	Moderate	no	Low	yes	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_EP-01-02	Couve	28.04.2020	22.06.2020	4.0	Moderate	No	Moderate	yes	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_EP-01-04	Tomate	03.04.2020	15.06.2020	2.1	Moderate	No	Moderate	yes	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_RB-01-01	Milho	15.04.2020	28.08.2020	2.8	Low	No	Moderate	no	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_RB-01-02	Couve	25.04.2020	15.06.2020	4.0	Low	No	Moderate	no	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_RB-01-03	Repolho	20.04.2020	25.07.2020	2.8	Low	No	Moderate	no	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_AL-01-01	Feijao	02.05.2020	28.06.2020	5	Low	No	Moderate	yes	yes	sulcos	5 days
AP_NH_AL-01-02	Milho	22.04.2020	25.08.20	2.8	Low	No	Moderate	yes	yes	sulcos	5 days
AP_NH_AL-01-03	Tomate	25.04.2020	01.07.2020	2.1	Low	No	Moderate	yes	yes	sulcos	5 days
AP_NH_EP-02-01	Tomate	15.03.2020	27.06.2020	2.1	Moderate	No	Moderate	yes	yes	sulcos	7 dias

Anexo 2 - Mapas de produtividade da água da sub-bacia

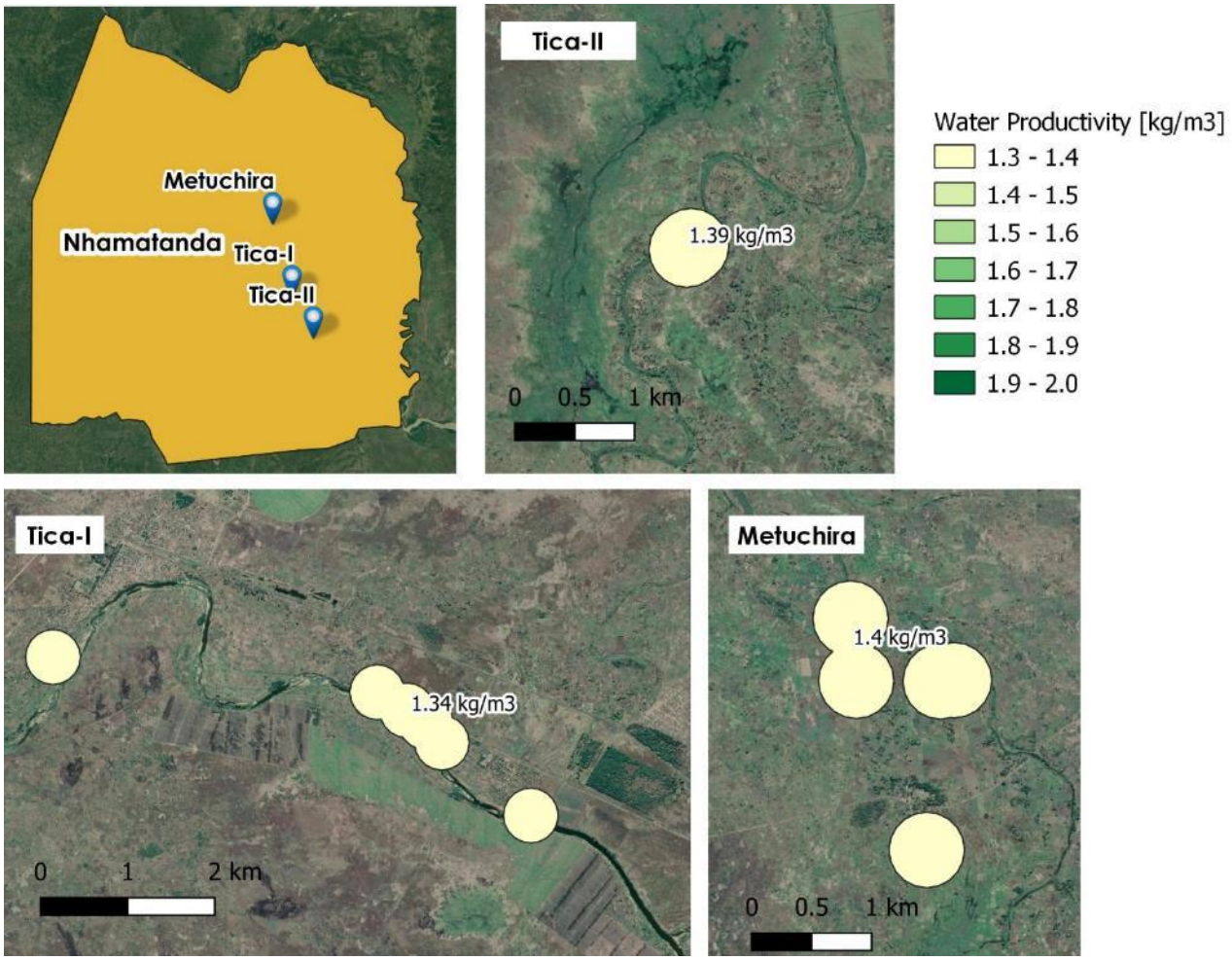

Figura 26 Mapa em escala de sub-bacia da produtividade da água da biomassa em Nhamatanda usando dados do portal WaPOR

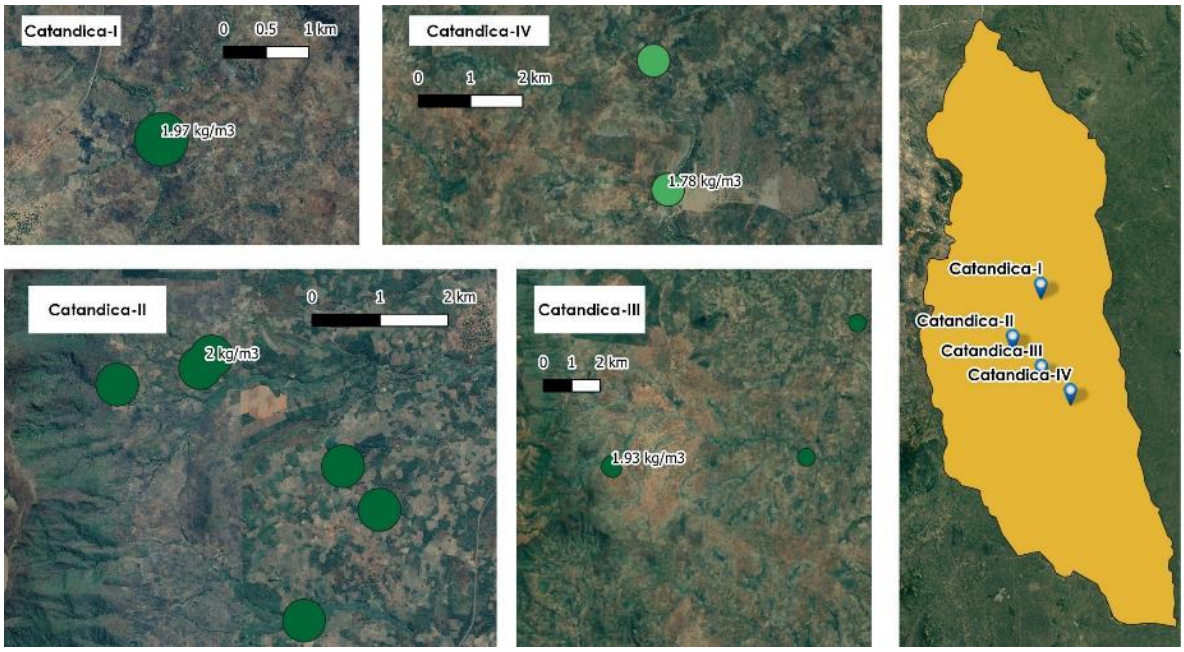

Figura 27 Mapa em escala de sub-bacia da produtividade da água da biomassa em Báruè utilizando dados do portal WaPOR

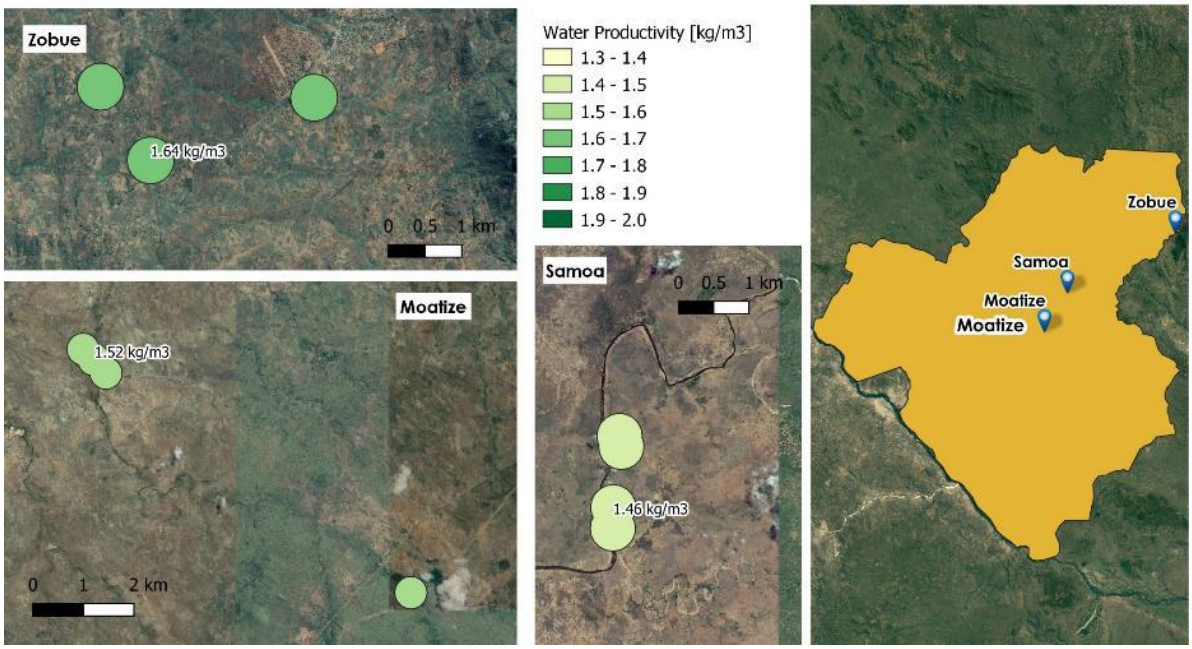

Figura 28 Mapa em escala de sub-bacia da produtividade da água de biomassa em Moatize utilizando dados do portal WaPOR

Adenda junho de 2021 - Valores atualizados de análise da produtividade da água para Báruè

Introdução

Com base em novas informações de campo, foram determinadas atualizações sobre a análise da produtividade da água das culturas da época de rega (tomate, batata, couve e cebola) em Báruè. A informação de campo deu uma nova visão sobre o tipo de solo, datas de plantação e comprimentos de crescimento das culturas. Os valores de base de Báruè foram atualizados para estas culturas com as novas informações. Esta adenda fornece uma atualização da análise da produtividade da água da temporada de irrigação 2020. A informação de Nhamatanda e Moatize não conduziu à necessidade de atualizar a análise da produtividade da água para esses distritos.

Atualizar para parâmetros de entrada

Os ajustes feitos para os parâmetros de entrada na adenda de avaliação de base, são também implementados na análise da produtividade da água da temporada de rega 2020 para Báruè. Os solos em Báruè acabam por ser de barro tipo arenoso em vez de argila pesada (Tabela Tabela 20 A mudança no tipo de solo afetou principalmente a análise da temporada de irrigação devido a frequentes eventos de irrigação que causaram a rega no solo argiloso. Os efeitos do tipo de solo foram limitados na análise da produtividade da água da estação chuvosa.

Tabela 20 Textura atualizada do solo para Báruè.

Local	Textura do solo (atualizada)	Textura do solo (original)
Báruè	Loam de argila arenosa	Argila

São utilizados os parâmetros de crescimento das culturas recentemente calibrados, que foram ajustados para comprimentos de cultivo mais curtos e datas de plantação mais curtas. Os valores de produtividade da água são comparados com os valores de base específicos para a data de plantação de cada campo.

Resultados atualizados

A reesequóia dos valores da produtividade da água utilizando os parâmetros de entrada atualizados deu os resultados apresentados nos tabelas abaixo, Tabela 21e o Tabela 22 produtividade da água do tomate e da couve, respectivamente. Trata-se de tabelas atualizadas do capítulo 7 do relatório (tabelas 12 e 13).

Tabela 21Produtividade normalizada da água do tomate (em kg/m^3) e rendimento fresco(em tonelada/ha) para a época de irrigação 2020 em comparação com a linha de base

	Báruè (Original)	Báruè (Atualizado)
Produtividade da água de base		
Alcance [kg/m^3]	0.69 – 1.45	0.50 - 1. 19
Mediana [kg/m^3]	1.11	0.75
Temporada de rega 2020 produtividade da água		
Alcance [kg/m^3]	0.77 – 1.24	0.82 – 1.21
Média (média) [kg/m^3]	1.03	1.06
Alteração relativa (%)	-7%	+38%
Regadio temporada 2020 rendimento fresco		
Alcance [tonelada/ha]	7.5 – 13.0	9.5 – 14.2
Média (média) [tonelada/ha]	10.2	11.8

Tabela 22Produtividade normalizada da água da couve (em kg/m^3) e rendimento fresco(em tonelada/ha) para a época de rega 2020 em comparação com a linha de base

	Báruè (Original)	Báruè (Atualizado)
Produtividade da água de base		
Alcance [kg/m^3]	0.73 – 1.44	0.65 – 1.82
Mediana [kg/m^3]	1.14	1.27
Temporada de rega 2020 produtividade da água		
Alcance [kg/m^3]	1.10 – 1.75	0.86 – 1.97
Média (média) [kg/m^3]	1.40	1.61
Alteração relativa (%)	+23%	+14%
Regadio temporada 2020 rendimento fresco		
Alcance [tonelada/ha]	10.0 – 17.8	11.4 – 19.5
Média (média) [tonelada/ha]	13.8	17.5

Os valores para a produtividade da água do tomate aumentaram com o tipo de solo atualizado. A cultura do tomate e da batata também foi mais sensível ao efeito do enólogo, e ambas as culturas apresentaram uma melhoria dos valores de produtividade da água após a reesetrutura, tal como apresentado no Tabela 23. Além disso, a comparação dos valores de produtividade da água categorizando as datas de plantação, melhorou a análise. Os resultados da adenda de base mostraram que os valores de produtividade da água diferem em função da data de plantação. Por esta razão, é prático comparar os valores de produtividade da água com os valores aplicáveis.

Os resultados da produtividade da água da couve mostraram um aumento da produtividade média da água devido à mudança no tipo de solo. Globalmente, o aumento da produtividade da água em comparação com a linha de base foi menor em comparação com o valor original. Isto é explicado pelos valores de base também aumentando devido à alteração do tipo de solo.

O resumo das quatro culturas da época de rega é apresentado no Tabela 23concluindo que as quatro culturas têm um aumento positivo da produtividade da água e o aumento médio da produtividade da água para Báruè manteve-se nos 25%, mantendo-se o aumento global da produtividade da água em 33% para os três distritos.

Tabela 23Alteração geral da produtividade da água para a época de irrigação 2020 em comparação com a linha de base para todos os principais tipos de culturas de irrigação (tomate, couve, batata e cebola) ponderados pelo número de parcelas como indicado nos parênteses

	Báruè (Original)	Báruè (Atualizado)	Moatize	Nhamatanda	Em geral
Tomate	-7% (11)	+38% (11)	+19% (10)	+15% (8)	
Couve	+23% (19)	+14% (19)	+31% (4)	+30% (4)	
Batata	-48% (3)	+32% (3)		+32% (1)	
Cebola	+143% (5)	+31% (5)		+319% (2)	
Em geral	+25%	+25%	+23%	+61%	+33%

Tabela 24(na página seguinte) enumera os resultados pormenorizados da análise da produtividade da água, tal como apresentado no capítulo 4 do relatório e constitui uma atualização do tabela 9 do relatório. Para além dos tipos de cultura sazonal de rega (tomate, batata, cebola e couve), os feijões e o milho que foram cultivados durante a época de rega foram também re-analisados com o tipo de solo atualizado. Os resultados mostram que o efeito do tipo de solo foi limitado para estas culturas com pequenas alterações nos resultados da produtividade da água. Isto confirma o pressuposto de que os resultados da produtividade da água da estação chuvosa foram menos impactados pelo tipo de solo.

Tabela 24Resultados da produtividade da água do AquaCrop e do rendimento das culturas, e por cento de variação da produtividade da água em comparação com a linha de base para os agricultores de Báruè

		Original				Atualizado			
ID do lote (localização e agricultor)	Cultura	Produtividade da água [kg/m^3]	Produção de água normalizada [kg/m^3]	% de variação com linha de base	Rendimento fresco da cultura [tonelada/ha]	Produtividade da água [kg/m^3]	Produção de água normalizada [kg/m^3]	% de variação com linha de base	Rendimento fresco da cultura [tonelada/ha]
AP_BA_DVS-01-01	Feijão	0.55	0.48		1.7	0.54	0.47		1.7
AP_BA_RF-01-02	Feijão	0.68	0.60		2.6	0.63	0.55		2.7
AP_BA_ST-01-03	Feijão	0.58	0.51		1.9	0.63	0.55		1.9
AP_BA_CF-01-01	Feijão	0.65	0.57		1.8	0.66	0.58		2.2
AP_BA_DN-01-01	Feijão	0.55	0.48		1.7	0.68	0.60		2.1
AP_BA_MTC-01-01	Feijão	0.75	0.66		2.4	0.83	0.73		3.0
AP_BA_AJ-01-01	Couve	1.58	1.39	22%	17.8	1.94	1.70	10%	17.5
AP_BA_AJ-01-02	Couve	1.25	1.10	-4%	10.0	1.80	1.58	-0.6%	17.1
AP_BA_GM-01-03	Couve	1.58	1.39	22%	17.8	1.82	1.60	0%	18.8
AP_BA_JLC-01-01	Couve	1.66	1.46	28%	12.1	2.05	1.80	16%	17.6
AP_BA_JLC-01-02	Couve	1.57	1.38	21%	11.3	2.02	1.77	14%	19.5
AP_BA_ACI-01-02	Couve	1.41	1.24	9%	15.6	1.97	1.73	12%	17.6
AP_BA_ACI-01-04	Couve	1.59	1.40	22%	17.0	2.00	1.76	13%	19.5
AP_BA_ML-01-01	Couve	1.60	1.40	23%	11.5	1.85	1.62	2%	16.5
AP_BA_DVS-01-02	Couve	1.58	1.39	22%	17.8	1.96	1.72	11%	19.5
AP_BA_ST-01-01	Couve	1.58	1.39	22%	17.8	1.91	1.68	5%	19.3
AP_BA_CF-01-02	Couve	1.87	1.64	44%	13.2	2.24	1.97	27%	19.0
AP_BA_CF-01-03	Couve	1.99	1.75	53%	14.2	1.51	1.33	70%	17.6
AP_BA_JDR-01-01	Couve	1.57	1.38	21%	11.3	1.82	1.60	0.5%	18.9
AP_BA_JDR-01-02	Couve	1.45	1.27	12%	10.4	1.97	1.73	12%	17.6
AP_BA_MFD-01-01	Couve	1.57	1.38	21%	11.3	2.07	1.82	17%	19.5
AP_BA_MFD-01-02	Couve	1.64	1.44	26%	11.9	2.04	1.79	16%	17.6
AP_BA_MFD-01-03	Couve	1.66	1.46	28%	12.1	1.13	0.99	27%	11.7
AP_BA_BV-01-03	Couve	1.68	1.47	29%	12.2	1.81	1.59	0%	16.8
AP_BA_MTC-01-02	Couve	1.58	1.39	22%	17.8	0.98	0.86	10%	11.1
AP_BA_ST-01-02	Milho	1.13	0.99		3.8	1.02	0.90		3.8
AP_BA_DN-01-02	Milho	0.51	0.45		1.3	0.89	0.78		4.0

		Original				Atualizado			
ID do lote (localização e agricultor)	Cultura	Produtividade da água [kg/m^3]	Produção de água normalizada [kg/m^3]	% de variação com linha de base	Rendimento fresco da cultura [tonelada/ha]	Produtividade da água [kg/m^3]	Produção de água normalizada [kg/m^3]	% de variação com linha de base	Rendimento fresco da cultura [tonelada/ha]
AP_BA_CF-01-01	Cebola	0.38	0.33	157%	4.6	0.80	0.70	46%	8.6
AP_BA_ST-01-01	Cebola	0.31	0.27	109%	3.8	0.48	0.42	45%	5.5
AP_BA_JDR-01-03	Cebola	0.41	0.36	177%	4.6	0.59	0.52	8%	5.5
AP_BA_MFD-01-03	Cebola	0.35	0.31	136%	4.2	0.43	0.38	30%	4.3
AP_BA_BV-01-02	Cebola	0.35	0.31	136%	3.9	0.78	0.68	27%	8.4
AP_BA_NZ-01-01	Batata	2.16	1.90	-44%	17.3	2.98	2.62	25%	26.1
AP_BA_NZ-01-02	Batata	1.69	1.48	-56%	8.7	3.69	3.24	55%	28.0
AP_BA_GM-01-02	Batata	2.15	1.89	-44%	17.9	2.87	2.52	16%	20.9
AP_BA_GM-01-01	Tomate	1.06	0.93	-16%	10.0	1.24	1.09	60%	9.5
AP_BA_JLC-01-03	Tomate	1.29	1.13	2%	10.5	1.27	1.11	27%	12.1
AP_BA_ACI-01-01	Tomate	1.41	1.24	12%	13.0	1.36	1.19	36%	14.2
AP_BA_ML-01-02	Tomate	1.17	1.03	-7%	9.8	1.14	1.00	47%	11.2
AP_BA_RF-01-01	Tomate	1.01	0.89	-20%	9.8	0.93	0.82	28%	10.8
AP_BA_CF-01-01	Tomate	1.19	1.04	-5%	7.9	1.38	1.21	38%	11.1
AP_BA_CF-01-01	Tomate	1.24	1.09	-2%	8.5	1.16	1.02	59%	12.7
AP_BA_JDR-01-04	Tomate	1.33	1.17	6%	11.2	1.30	1.14	30%	12.5
AP_BA_MFD-01-02	Tomate	1.37	1.20	9%	11.9	1.36	1.19	36%	13.2
AP_BA_MFD-01-03	Tomate	0.93	0.82	-26%	11.7	1.14	1.00	28%	12.1
AP_BA_BV-01-01	Tomate					0.95	0.83	30%	10.6