

## **Uso de indicadores para avaliar a disponibilidade de milho e o impacto ambiental das práticas agrícolas em pequenas propriedades no Quênia.**

**Autor:** Augusto Akira Hecke Kuwakino

**Orientador:** Jucinei Comin / **Coorientador :** Ademir Antônio Cazella

### **Resumo**

A segurança alimentar e os problemas ambientais são os maiores dilemas do continente africano, os quais, agravados pelas alterações climáticas, prejudicam os mais vulneráveis, os agricultores de subsistência. O milho é o principal alimento do Quênia e promover práticas que aumentem sua produtividade de forma sustentável é a chave para enfrentar esse cenário. A fim de avaliar as práticas agrícolas visando a sustentabilidade, foram escolhidos indicadores de necessidade da produção de milho dos produtores (Disponibilidade de milho), uso eficiente de nitrogênio pela cultura (Fator de Produtividade Parcial) e aproveitamento das chuvas para a produção (Produtividade da precipitação). A forma de apresentar os indicadores é essencial para gerar *insights* para a tomada de decisão e melhor avaliar as parcelas e práticas, e por isso uma visualização destes é sugerida. A partir das visualizações dos indicadores nota-se que os agricultores têm insegurança alimentar porque sua produção de milho não atende às suas necessidades. A data de semeadura é um fator importante para a produtividade devido à falta de chuvas e as adubações de cobertura fracionadas mostraram-se eficazes para melhorar a eficiência do uso do nitrogênio. Conduzir as mudanças exigirá indicadores mais específicos e ferramentas participativas para garantir que os agricultores tenham voz durante o processo e as soluções sejam adaptadas a eles.

**Palavras-chave:** indicadores de sustentabilidade, segurança alimentar, mudanças climáticas, soluções digitais

### **Indicators use to evaluate maize availability and the environmental impacts of crop management practices in small farms in Kenya**

#### **Abstract**

Food security and environmental problems are major dilemmas in the African continent, which are worsened by climate change and harm the most vulnerable ones, the subsistence farmers. Maize is the main staple food in Kenya and promote practices to enhance its productivity in a sustainable way is the key to tackle this scenario. In order to evaluate farmers' practices aiming for sustainability, some indicators were chosen to assess the how much maize is needed to be

produced (maize availability), if nitrogen is used efficiently (partial factor productivity) and rainwater is well used (rainfall productivity). How to show this indicators is essential to create insights to decision-making and better evaluate the plots and practices. The visualizations suggest that farmers are food insecure, because their maize production doesn't attain their maize need. Sowing date is an important factor to productivity due to rain lack and split top-dressing showed effective to improve nitrogen use efficiency. Drive changes will demand more specific indicators and participative tools to make sure that farmers have voice during the process and solutions are adapted to them.

**Key words:** sustainable indicators, food security, climate change, digital solutions

## 1. Introdução

A África Subsaariana enfrenta um dilema dramático, pois sua população atual é de 1,1 bilhão com tendência de atingir 2,1 bilhões em 2050 (INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION (IHME), 2020) e a produção de cereais aumenta em uma taxa mais lenta e está abaixo da média mundial. A África Oriental e Ocidental tinham produtividade média de 884 e 674 kg / ha, respectivamente, em 1960 e a produtividade média mundial era de 1353 kg / ha. Em 2019, a média mundial atingiu 4113 kg / ha, mas ambas as áreas na África atingiram apenas 2027 e 1269 kg / ha, respectivamente (FAO, 2021). Isso explica o porquê de que 17,6% da população da África sofreu de desnutrição em 2014 e em 2019 chegará a 19,1% (FAO et al., 2020).

Os cereais são a principal fonte de calorias nesta área e desempenham um papel importante na Segurança Alimentar. No Quênia, o milho (*Zea mays L.*) é o alimento básico mais importante e corresponde a 36% da ingestão diária de energia da população e 65% do consumo de cereais (GITU, 2006). Para atingir a segurança alimentar, o plantio de cereais, especialmente de milho, é extremamente importante, sendo que no condado de Vihiga de um total de 113.753 agricultores, 105.807 o cultivam (KENYA NATIONAL BUREAU OF STATISTICS, 2020). Neste condado acontece o projeto Kilimo, o qual quer promover a segurança alimentar através de novas tecnologias. A maioria dos agricultores pratica a consorciação de culturas, que consiste em cultivar mais de uma espécie ao mesmo tempo na mesma área. O feijão, a mandioca e a batata-doce são as culturas mais comuns a serem cultivadas com milho (CALLAGHAN; MAENDE; WYSEURE, 1994).

E existência de pequenas parcelas e o enorme déficit da produção são verdadeiras dificuldades para alcançar a autonomia na alimentação. De acordo com o censo de 2019, 97%

dos agricultores do condado de Vihiga cultivam para subsistência, e esta região é conhecida por ser densamente povoada, com cerca de 1100 habitantes / km<sup>2</sup> (NG'ENDO; BHAGWAT; KEDING, 2018) e pequenas propriedades com um tamanho médio de 0,41ha (CELESTIN et al., 2020). Isso se deve ao parcelamento da terra de uma geração para outra, reduzindo a disponibilidade de terra para cultivo (MUYANGA; JAYNE, 2014). Encontrar maneiras de elevar a produtividade em um pequeno pedaço de terra por um longo prazo é um grande passo para alcançar a autonomia alimentar dessa população.

A agricultura na África Subsaariana é conhecida pelo uso de variedades tradicionais, com baixo consumo de nutrientes e geridas com poucos recursos (VANLAUWE et al., 2011). Em média, menos de 9 kg de nitrogênio e 6 kg de fósforo são aplicados por hectare pelos agricultores, enquanto o necessário é de pelo menos 60 kg de nitrogênio e 30 kg de fósforo por hectare (JAMA; PIZARRO, 2008). Mas o manejo do solo apenas com fertilizantes minerais sem atenção para manter a matéria orgânica do solo não sustentará a produção agrícola (GILLER, 2020) e seu uso intensivo e incorreto pode levar à eutrofização de águas superficiais, contaminação por nitrato e acidificação do solo (UNITED NATIONS, 2007). Para atender às suas necessidades, os agricultores precisam melhorar sua produção, mas buscando boas práticas agrícolas que respeitem o meio ambiente. Para atingir essa demanda, uma mudança em direção à intensificação sustentável do sistema alimentar é necessária (WHEELER; VON BRAUN, 2013). Alguns países priorizam tecnologias para o manejo e diversificação de cultivos, o desenvolvimento de novas variedades de cultivos, irrigação por gotejamento, manejo do solo e conservação de alimentos (MANCEAU et al., 2020). Avaliar essas tecnologias e práticas a partir de indicadores pode fornecer pistas para uma melhor transição de um sistema com déficit de insumos e produção para um sistema mais tecnificado e que garanta segurança alimentar.

Além desse cenário, as mudanças climáticas representam uma ameaça para piorar ainda mais a situação. Para a maioria dos lugares, o aumento da temperatura e a diminuição da precipitação são esperados, mas no oeste do Quênia, as chuvas devem aumentar. Porém, o aumento das chuvas não significa que será mais adequado para a agricultura, pois há um aumento da evapotranspiração e uma maior variabilidade das chuvas, o que pode ser até prejudicial para as lavouras (HERRERO et al., 2010). De acordo com estudos sobre os efeitos das mudanças climáticas na produção agrícola, WHEELER; VON BRAUN, (2013 p.511) concluíram que:

“existe um padrão robusto e coerente em uma escala global dos impactos das mudanças climáticas na

produtividade das culturas e, portanto, na disponibilidade de alimentos e que as mudanças climáticas irão agravar a insegurança alimentar em áreas que já têm uma alta prevalência de fome e subnutrição”.

A maneira de adaptar as práticas agrícolas às mudanças climáticas é impulsionada por decisões na escala do produtor (WHEELER; VON BRAUN, 2013), mas ainda enfrentamos obstáculos como a falta de terras cultiváveis e difícil acesso à extensão agrícola no Quênia Ocidental. O Condado de Vihiga, em seu Plano de Desenvolvimento Integrado de 2018-2022, está empenhado em implementar projetos que promovam a agricultura com resiliência climática que inclua o plantio direto e o revolvimento mínimo do solo, produção sustentável e agricultura de conservação, visando melhorar a renda e a segurança alimentar do condado (COUNTY GOVERNMENT OF VIHIGA, 2018).

Para avaliar as práticas para uma forma mais sustentável e segura de produzir alimentos, o uso de indicadores é um caminho interessante. Os indicadores têm muitas funções, pois simplificam, esclarecem e agregam informações para uma melhor tomada de decisão por formuladores de políticas públicas e gestores. É uma forma de combinar o conhecimento das ciências naturais e sociais para tomar decisões e ajudar a medir e calibrar as melhorias em direção a objetivos específicos. Eles são úteis para comunicar ideias e pensamentos e fornecer um alerta precoce em caso de reveses ambientais, sociais e/ou econômicos (UNITED NATIONS, 2007). O uso de indicadores como o de Eficiência no Uso de Nutrientes permite ter estatísticas confiáveis sobre a produtividade das culturas e o uso de insumos (FIXEN et al., 2015).

Mesmo com todas essas características, os indicadores são dados brutos e podem ser abstratos para quem usá-los para tomar uma decisão. Por isso, a visualização de dados permite comunicar uma mensagem e representar um dado bruto de forma mais interessante e mais fácil de interpretar, já que o ser humano se orienta melhor visualmente (ZAKARIA, 2021). Não é apenas necessário escolher os indicadores mais adequados para uma dada situação de estudo, mas também é necessário mostrá-los de forma adequada de modo a gerar ideias.

Para avaliar as questões ambientais e sociais deste projeto, alguns indicadores serão usados para orientar a tomada de decisões e identificar as melhores práticas agrícolas. A avaliação de práticas na escala da fazenda pode representar uma mudança no caminho para uma agricultura mais sustentável. Uma avaliação sistemática com objetivos claros e visualização de

dados apropriada pode gerar *insights*, tirar conclusões e produzir recomendações para agricultores, extensionistas e formuladores de políticas sobre como promover boas práticas agrícolas para atingir a segurança alimentar e sustentabilidade. Identificar famílias e regiões com segurança e insegurança alimentar usando indicadores são de grande importância para promover mudanças (BAZEZEW, 2012) e aumentar sua eficiência de produção irá fornecer-lhes segurança alimentar (MOHAJAN, 2014).

O objetivo geral deste trabalho é avaliar como os agricultores podem alcançar a segurança alimentar e mais sustentabilidade por meio de melhores práticas de manejo de culturas e insumos. Os objetivos específicos são: melhorar a eficiência da aplicação de adubos nitrogenados e o aproveitamento da precipitação através do uso de indicadores para avaliar a disponibilidade e a necessidade de milho pelos agricultores com vistas a atender as suas demandas.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1. Área de estudo

O condado de Vihiga está localizado no planalto oeste do Quênia, como mostra a figura 1, sob clima tropical sub-úmido, com alta pluviosidade anual, de 1800-2000 mm. A precipitação é caracterizado por uma bimodal entre março e julho (safra) e entre setembro e dezembro (safrinha). A elevação é cerca de 1300 - 1500m acima do nível do mar (CELESTIN et al., 2020). O milho é a cultura principal, geralmente consorciado com feijão e amendoim. A mandioca e a batata-doce também são cultivadas. A maioria dos agricultores também possui bananeiras e espécies frutíferas locais em



Figura 1: Localização do Condado de Vihiga no Quênia –  
Wikimedia Commons

seus lotes. Os principais fatores de limitação da baixa produção de milho são os pequenos tamanhos das áreas das fazendas, seleção incorreta de sementes híbridas certificadas, práticas de manejo inadequadas, taxas de aplicação incorreta de fertilizantes, falta de crédito, pobreza

geral e colheita precoce (JAETZOLD et al., 2010). 46% da sua população é jovem, com média de 15 anos.

## 2.2. Coleta de dados e visualização

A maior parte dos dados foi coletada por técnicos agrícolas do condado de Vihiga, por meio do uso da plataforma FieldSim. Os dados foram coletados por meio de formulários de cada agricultor inseridos e armazenados na plataforma. No início da temporada, de janeiro a março, os técnicos visitaram os agricultores para coletar as informações básicas, número de telefone e os limites das parcelas. Após a semeadura, eles continuaram solicitando informações sobre as práticas de manejo da cultura, tais como datas de execução, quantidade de fertilizante aplicado, semente utilizada e rendimento.

Os dados meteorológicos são do serviço Weatherdesk® da empresa Maxar. Eles fornecem previsão e histórico meteorológico com cobertura global a partir de modelos, imagens satélites e estações meteorológicas.

O software utilizado para gerar as visualizações é Power BI®, software de Business Intelligence da Microsoft para gerar relatórios e dashboards.

## 2.3. Indicadores

### Disponibilidade de milho

De acordo com a FAO, “A segurança alimentar existe quando todas as pessoas, em todos os momentos, têm acesso físico e econômico a alimentos suficientes, seguros e nutritivos para atender às suas necessidades dietéticas e preferências alimentares para uma vida ativa e saudável”. Esta declaração os levou a criar 4 dimensões: disponibilidade de alimentos, acesso aos alimentos, estabilidade e utilização dos alimentos (KORNHER, L., 2018). A disponibilidade de alimentos lida com a questão da produção de alimentos suficientes para as necessidades locais (OGOT, 2021) e é a abordagem mais antiga e influente para a segurança alimentar (BURCHI; MURO, 2016). Trabalhos na literatura como Frejat et al. (2015) usam esta dimensão para avaliar a situação alimentar de uma família e, por isso, saber quanto de alimento está disponível para uma família é extremamente importante.

Tabela 1: Ingestão diária recomendada de energia em kcal para força de trabalho moderada; (Joint FAO/WHO Consultation, 1995)

	Age group	Energy kcal
Children	1	820
	1-2	1150
	2-3	1350
	3-5	1550
Boys	5-7	1850
	7-10	2100
	10-12	2200
	12-14	2400
	14-16	2650
	16-18	2850
Girls	5-7	1750
	7-10	1800
	10-12	1950
	12-14	2100
	14-16	2150
Men	16-18	2150
	18-30	3000
	30-60	2900
Women	> 60	2450
	18-30	2100
	30-60	2150
	> 60	1950
Pregnancy (last 3 months)		+ 285
Lactation (first 6 months)		+ 500

A metodologia utilizada para a disponibilidade de alimentos foi adaptada de FRELAT et al. (2016). Em seus trabalhos, os autores tinham uma abordagem monetária, mas como o interesse está na produção primária de cada agricultor, que usa a maior parte de sua produção para subsistência, a metodologia foi adaptada para obter a necessidade e a produção de milho. O primeiro passo é determinar a necessidade energética da família do produtor, para o nível de adequação alimentar de uma família. O suprimento de energia per capita medido em quilocalorias (kcal) é o indicador mais importante (BAZEZEW, 2012). A tabela 1 mostra a ingestão energética diária recomendada pela Organização Mundial da Saúde e é a referência para este trabalho. Para cada família foi levantado o número de homens e mulheres e seus respectivos anos de nascimento; para as mulheres foi ainda solicitado se estavam grávidas ou em lactação.

Para estimar a necessidade de milho em quilogramas, usamos uma tabela de composição para converter a necessidade em kcal para uma quantidade em kg. Usamos a referência de 3530 kcal / kg (STADLMAYR et al., 2010).

Algumas correções devem ser aplicadas para não subestimar nem superestimar a quantidade de milho necessária. Como a necessidade energética dos quenianos não depende apenas do milho, então multiplica-se a quantidade por 36%, porque é a média de ingestão de energia fornecida pelo milho por dia no Quênia (GITU, 2006). Outra questão é que nem toda a produção vai para a mesa da família, pois há perdas pós-colheita durante o armazenamento. No Quênia, em média, 11,7% da produção de milho é perdida pelas pequenas famílias que praticam produção de subsistência (CHEGERE, 2018). Aplicando os cálculos, chega-se à necessidade de milho ou à produtividade desejada.

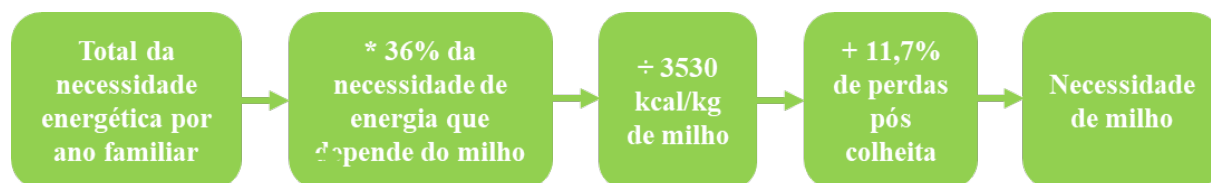


Figura 2: Passos do cálculo da necessidade de milho em kg.

A produção de milho é declarada no FieldSim para cada família durante o armazenamento. Para saber se a produção atende às suas necessidades, calcula-se a diferença.

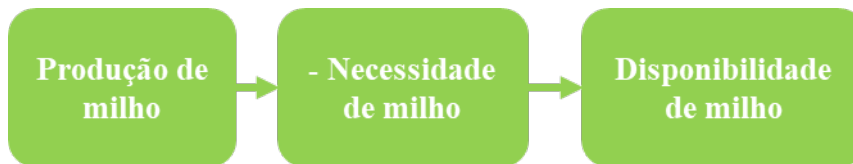


Figura 3: Cálculo da disponibilidade de milho em kg.

Para representar essa diferença, algumas opções são usadas e o uso do gráfico de medidor radial é uma maneira simples de exibir informações importantes. Este tipo de gráfico consiste em um valor que mede o progresso em direção a uma meta ou objetivo, representado como uma linha. A parte colorida é o valor (produção) e a parte sombreada até o alvo é quanto falta

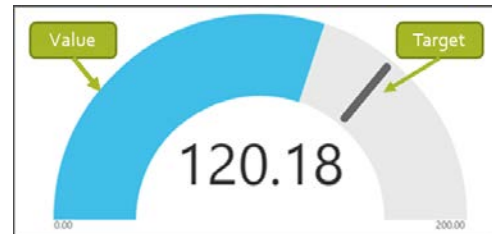


Figura 4: Representação do gráfico de medidor radial e suas componentes: valor, meta, valor mínimo e valor máximo.

ao valor para atingir o objetivo (necessidade). Considerando que para um agricultor, a melhor abordagem é ver sua produção absoluta dentro de sua parcela, então decidimos mostrar as quantidades de acordo com o tamanho de sua parcela. Assim, a quantidade produzida é o valor principal, 0 é o valor mínimo, a produção potencial da variedade é o valor máximo e a necessidade de milho é o valor alvo. Desta forma, visualiza-se facilmente se a meta foi atingida ou não, e compara-se com o máximo. Com os cartões, também podemos mostrar quanto falta para atingir a meta ou quanto do excedente o agricultor produziu, se o agricultor tem as mesmas condições e produtividade, o quanto de terra deve torná-la cultivável para atingir a meta.

#### Eficiência do Uso de Nitrogênio (EUN)

A fertilização mineral é fortemente necessária em regiões em que os solos são pobres (GILLER, 2020). O condado de Vihiga está empenhado em promover projetos de subsídio para fertilizantes (COUNTY GOVERNMENT OF VIHIGA, 2018) e devem ser implementadas métricas para avaliar seu uso. Para o milho, o nitrogênio é o nutriente mais importante e primário para o crescimento e desenvolvimento vegetal, sendo um importante fator limitante (BLUMENTHAL et al., 2008). A Eficiência do Uso do Nitrogênio é uma métrica que permite minimizar as perdas de nutrientes, a poluição pelo nitrogênio e a redução dos custos relacionados ao excesso de fertilizantes (CONGREVES et al., 2021). As Nações Unidas também apresentam este tipo de abordagem nos seus Indicadores de Desenvolvimento Sustentável e evidenciam a necessidade de que a intensificação é necessária devido à demanda de alimentos e falta de terras cultiváveis, mas deve manter seu impacto ambiental o mais neutro possível (UNITED NATIONS, 2007). O Fator de Produtividade Parcial (FPF) é um indicador que consiste na produtividade por unidade de N do fertilizante aplicado (kg de grão / kg de N),



e responde à pergunta “como um sistema de cultivo é produtivo em relação ao insumo de N?”. Valores baixos indicam solos menos responsivos ou excesso de fertilização com N, enquanto valores altos sugerem que o fornecimento de nutrientes é possivelmente uma restrição à produtividade, sendo que a faixa recomendada é de 40-90 kg de grãos / kg de nutriente (FIXEN et al., 2015). Ao comparar as práticas de manejo para uma única cultura, o PFP é a mais adequado e amigável ao agricultor porque é uma expressão simples, pois permite comparar em alguns anos como um agricultor está evoluindo e fornecendo-lhe dados interessantes para sua tomada de decisão (CONGREVES et al., 2021). Existem algumas limitações, uma vez que o PFP não leva em consideração o N já presente no solo e, portanto, tornando difícil a comparação com outros agricultores, a interpretação pode ser limitada em solo não responsivo a N.

Existem práticas de manejo de safras que estão intimamente relacionadas ao EUN. A taxa e o tempo de aplicação adequados podem aumentar a produtividade e reduzir a poluição, dependendo do estágio fenológico, pois existem momentos e quantidades adequadas de nutrientes a serem aplicados para que a planta os absorva de forma mais eficiente (DAVIES; COULTER; PAGLIARI, 2020). Deve haver uma sincronização do fornecimento de fertilizantes com o período de alta demanda de nutrientes (SITTHAPHANIT et al., 2010). ABEBE; FEYISA (2017) constataram que houve um aumento de 37% na produtividade do milho quando 92N kg / ha foram aplicados em cobertura, divididos com 1/3 N em 10-15 dias após o plantio, 1/3 N em 35-40 DAP e 1/3 N em 55-60 DAP em comparação com 110 N kg / ha aplicados metade durante o plantio e a outra metade em 30-35 DAP, que era a fertilização recomendada anteriormente (ABEBE; FEYISA, 2017). O preparo do solo, a aplicação de adubo orgânico e a incorporação de resíduos da cultura influenciam a matéria orgânica do solo e a capacidade de retenção de água e, portanto, o EUN da planta (SITTHAPHANIT et al., 2010). Relacionar o EUN às práticas feitas pelo agricultor pode ajudá-lo a avaliar se as práticas estão melhorando a eficiência do fertilizante.

A visualização proposta é ver o PFP em um ano e comparar com as práticas relacionadas ao uso eficiente de N. O número de fertilizações e a quantidade aplicada são apresentadas e o valor de PFP em verde é quando o valor está entre 40 e 90 kg de milho / kg de N e em vermelho quando está acima ou abaixo.

#### Produtividade de precipitação (RFP)

A agricultura sem irrigação é e continuará a ser a principal fonte de produção de alimentos básicos para os pequenos agricultores no Quênia e as previsões das mudanças climáticas mostram que as perdas de rendimento devido ao clima instável variam de 200 a 700

kg / ha nesses sistemas (HERRERO et al., 2010). Em muitas condições climáticas africanas há alta evapotranspiração e variabilidade de precipitação, tornando a agricultura sem irrigação uma atividade arriscada (NYAKUDYA; STROOSNIJDER, 2011). Agricultura agroclimática inteligente é um conjunto de práticas que permitem aumentar a produtividade, construir resiliência ao se adaptar aos efeitos das mudanças climáticas e aumentar o sequestro de carbono (KORNHER, L., 2018). Avaliar os sistemas agrícolas por sua resiliência à variabilidade da chuva parece promissor para identificar práticas que sejam inteligentes em relação ao clima. A Produtividade de Precipitação (RFP), às vezes encontrada na literatura como Eficiência do Uso da Água, é uma razão entre a produção (em termos de produção, por exemplo, rendimento, biomassa) e o insumo (em termos de água). Os agricultores estão mais preocupados em maximizar a produtividade e em um sistema que depende principalmente de chuvas (ROCKSTRÖM; BARRON, 2014), o uso de Rainwater Use Efficiency (RUE), que consiste no rendimento de grãos em kg dividido pela quantidade total de chuvas (mm) em uma temporada, parece se adequar bem a esse cenário (THIERFELDER; WALL, 2012).

Existem duas estratégias na tomada de decisão que podem melhorar o RFP em propriedades sem irrigação: a primeira é aumentar a capacidade de absorção de água pela planta e a segunda é aumentar a disponibilidade de água para a planta (ROCKSTRÖM; BARRON, 2014). HUANG; BIRCH; GEORGE, (2011) fornecem uma revisão das práticas que permitem melhorar o WP: Escolha de variedades resistentes à seca; datas de plantio com variedades de maturação precoce; espaçamento de plantio; manejo conservacionista do solo para reduzir a erosão do solo, infiltração de água e armazenamento de água; cobertura morta e manutenção de resíduos da colheita para reduzir a evaporação do solo; controle de plantas daninhas para reduzir a competição; e uso de fertilizantes, uma vez que a resposta da produtividade à chuva é alcançada quando o solo é fertilizado adequadamente.

### **3. Resultados e discussão**

Para representar o indicador de disponibilidade de milho, um técnico agrícola coletou os dados de 5 famílias. Os dois extremos foram tomados para serem mostrados no trabalho. A tabela da composição da família com idade e sexo está disponível no anexo I.

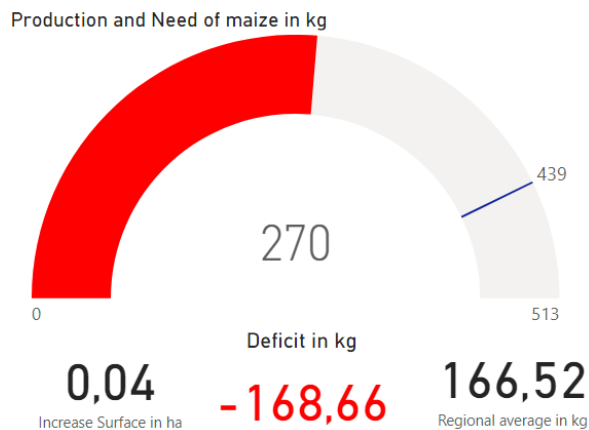


Figura 5: Disponibilidade de milho de Riita Achevi.

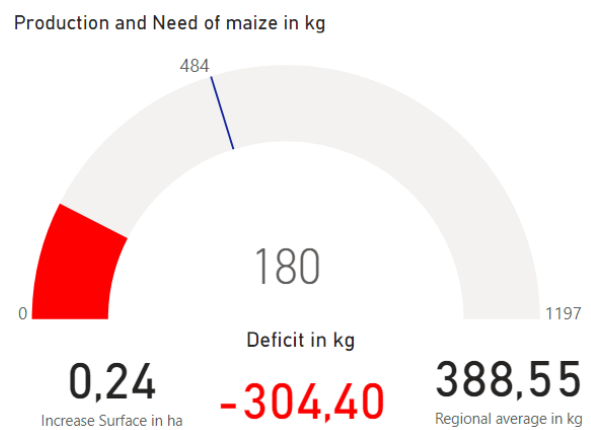


Figura 6: Disponibilidade de milho de Imelda Shawitza.

Todos os agricultores estavam abaixo da produção alvo, o que significa que a sua produção de milho da safra não foi suficiente para as suas necessidades anuais de milho. Na figura 5 mostramos os dados de Riita Achevi, que apesar de ter um déficit, mas por ter alto rendimento, ela pode ampliar um pouco sua parcela e atingir sua necessidade por um ano ou plantar durante a safrinha, atingindo o necessário para atender a sua necessidade. Na Figura 6 apresentamos as informações, de Imelda Shawitza, em que ela precisa melhorar suas práticas agrícolas, pois a sua produção está abaixo da média regional e também muito abaixo da produção potencial. BAIPHETHI; JACOBS (2010) argumentam que a produção de subsistência melhora a independência das famílias em relação ao mercado. Devido à baixa produtividade dos pequenos agricultores na África, eles ainda dependem do mercado para atender às suas necessidades, destinando entre 60 a 80% da sua renda para compra de alimentos. Por isso, sugerem estimular os agricultores a intensificar a produção e aumentar o apoio aos serviços agrícolas, como pesquisa, extensão e crédito.

A fim de avaliar a produtividade e a sustentabilidade dos agricultores para responder à sua demanda de milho, as figuras 7 e 8 permitem visualizar a necessidade de promover melhorias em suas práticas. Como não foram disponibilizadas todas as informações sobre as práticas dos dois produtores apresentadas acima nesta safra, e escolhemos dados de outros agricultores para esta avaliação.

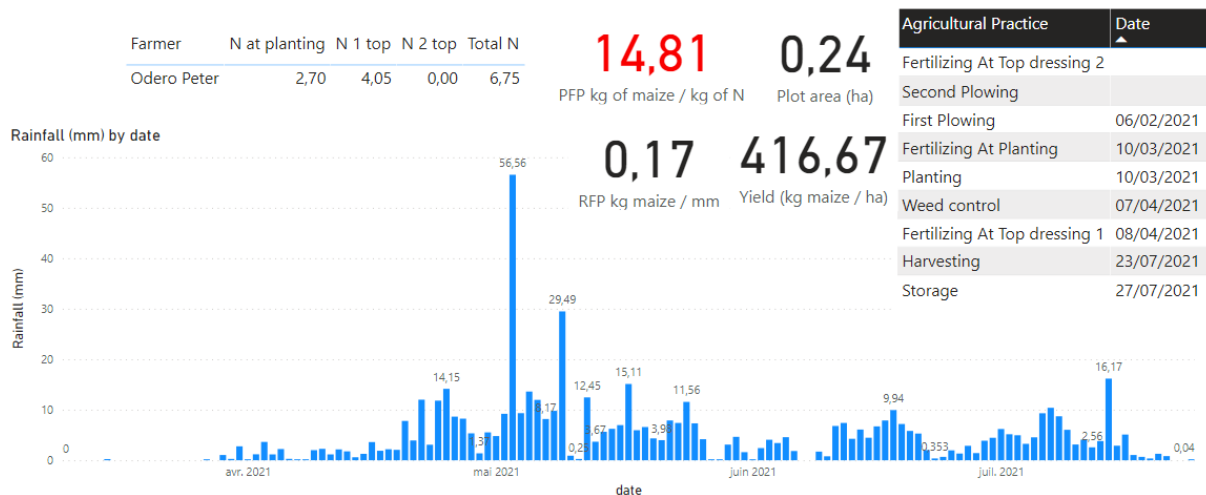


Figura 7: Avaliação de Odero Peter: gráfico de barras da pluviometria entre a sementeira até a colheita, tabela de práticas agrícolas e suas respectivas datas de realização, tabela de fertilizações (kg de N), produtividade, área, fator de produtividade parcial (kg de milho / kg de N) e produtividade de precipitação (kg de milho / mm).

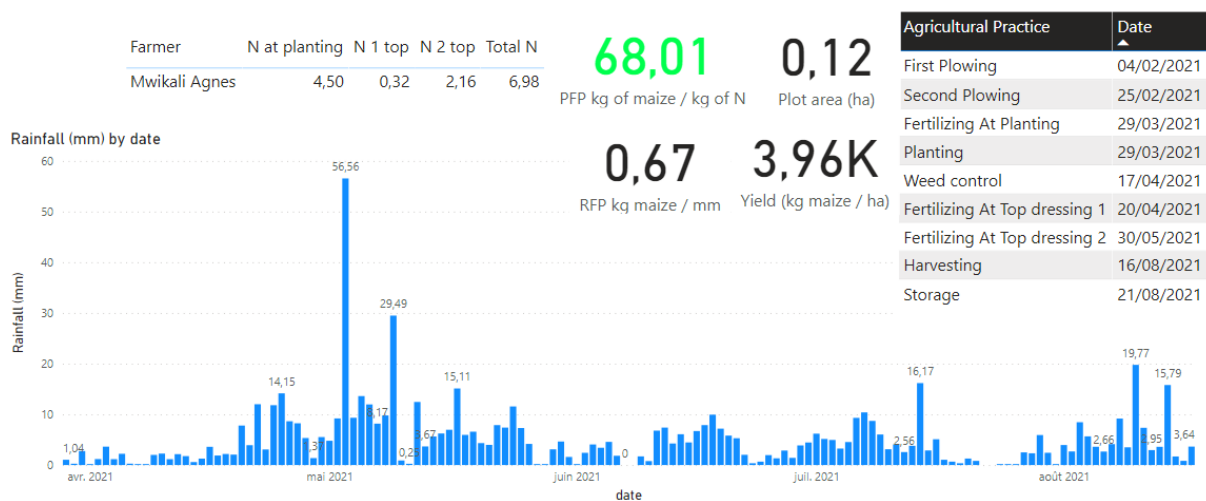


Figura 8: Avaliação de Mwikali Agnes: gráfico de barras da pluviometria entre a sementeira até a colheita, tabela de práticas agrícolas e suas respectivas datas de realização, tabela de fertilizações (kg de N), produtividade, área, fator de produtividade parcial (kg de milho / kg de N) e produtividade de precipitação (kg de milho / mm).

É possível observar na figura 7 que o agricultor Odero Peter obteve o menor rendimento, deslocando para baixo os indicadores de Fator de Produtividade Parcial (PFP) e o Produtividade de Precipitação (RFP). O resultado pode ser devido à data de plantio, pois no gráfico de barra da pluviometria é possível verificar que houve déficit de chuva após a sementeira. A alta variabilidade da precipitação em uma estação e entre as estações aumenta o risco e quebras de safra (JAMA; PIZARRO, 2008). O agricultor Mwikali Agnes (Figura 8) fez a sementeira mais tarde e teve melhores desempenhos, pois as chuvas foram mais estáveis no período. BRYAN et al. (2013) descobriram que 20% dos agricultores entrevistados no Quênia adotaram a mudança das datas de plantio como uma estratégia de adaptação à variabilidade das precipitações, devido às mudanças climáticas. Na Etiópia, MULUNEH; STROOSNIJDER;

KEESSTRA (2021) também descobriram que o adiamento do período de semeadura em um mês reduziu o risco de quebra de safra.

No caso de Mwikali Agnes, na figura 8, vemos que devido aos altos rendimentos houve aumento do PFP e do RFP. A fertilização de cobertura parcelada permitiu aumentar a eficiência do uso do N. Pelas práticas apresentadas, uma recomendação para melhor desempenho é fazer a adubação de base mais tardia (7-15 dias após a semeadura), pois aplicar o adubo exatamente no plantio aumenta a chance de lixiviação, pois nos primeiros dias o milho usa mais a reserva da própria semente para seu desenvolvimento ao invés de captá-lo do solo (SITTHAPHANIT et al., 2010).

Neste trabalho foi considerada apenas a dimensão da disponibilidade alimentar referente a necessidade energética, mas destaca-se que as outras 3 (acesso aos alimentos, estabilidade e utilização dos alimentos) também são importantes e devem ser levadas em consideração. Melhorar as dietas em nível local em termos de quantidade e qualidade continua ilusório, mas é um objetivo fundamental para alcançar a segurança alimentar (SIBHATU; QAIM, 2017). A plataforma FieldSim está preparada para levar em consideração outras culturas e diferentes nutrientes que sejam necessários. Proteína, vitamina A e ferro são exemplos de macro e micronutrientes que faltam nas dietas africanas e são usados para medir se a segurança alimentar está sendo alcançada nutritivamente (NG'ENDO; BHAGWAT; KEDING, 2018). Assim, a ideia é aprimorar a metodologia utilizada no presente trabalho para levar em consideração outras culturas produzidas na propriedade, avaliar suas escolhas de culturas em relação às suas necessidades nutritivas e não somente energética. Dessa maneira é possível lhes fornecer sugestões para aumentar sua diversidade, ajudando tanto ambiental quanto nutricionalmente. Para avaliar o nível de diversidade, a pontuação da diversidade alimentar de uma família é um indicador de acesso aos alimentos e da diversidade alimentar ao nível familiar e é uma abordagem que reagrupa os alimentos em 16 categorias: Cereais; raízes e tubérculos brancos; vegetais com folhas verdes escuras; outros vegetais; frutas ricas em vitamina A; outras frutas; carne visceral; carne muscular; ovos; peixe e frutos do mar; leguminosas; nozes e sementes; leite e produtos lácteos; óleos e gorduras; doces; especiarias, condimentos e bebidas (KENNEDY G., BALLARD T., 2010).

A segurança alimentar é uma questão complexa e multidimensional, pois os cuidados com a saúde e o acesso à água potável também são pontos que não devem ser negligenciados e também devem ser estudados (BURCHI; MURO, 2016). Muitos estudos também trazem a importância de empregos fora da propriedade para aumentar a resiliência dos pequenos

proprietários face à variabilidade climática (BRYAN et al., 2013; FRELAT et al., 2016; WHEELER; VON BRAUN, 2013), pois levar em consideração sua renda fora da fazenda e a compra de alimentos pode dar uma ideia mais clara de sua insegurança alimentar.

Avaliar sistemas de cultivo como DROPELMANN; SNAPP; WADDINGTON, (2017) parece uma maneira promissora de ajudar os extensionistas a encorajar os agricultores a mudar as suas práticas agrícolas. Os autores apresentaram em gráficos tipo radar múltiplos indicadores, o que permitiu aumentar a capacidade de comparar diferentes sistemas de manejo de uma dada safra. Uma variedade de tecnologias agrícolas está disponível para aumentar a produtividade, sustentabilidade e segurança alimentar, mas a sua adoção é um processo complexo, no qual muitos interessados, escalas temporais e espaciais e fases de implementação estão envolvidos. Levá-los em consideração é extremamente importante para o sucesso de um processo de transição para uma agricultura que garanta segurança alimentar (JHA et al., 2020).

Com os dados históricos de uma mesma parcela, é possível ver através do PFP como é a transição de um agricultor para um sistema de cultivo mais sustentável, utilizando o N de forma mais eficiente (FIXEN et al., 2015). A relação entre precipitação e UEN também é discutida na literatura e a identificação de datas de chuvas intensas (acima de 40 mm) pode melhor explicar a lixiviação de N (ABEBE; FEYISA, 2017; NYAKUDYA; STROOSNIJDER, 2011). Ao identificar essas datas de chuvas intensas, também é possível correlacionar os dados com a cobertura do solo e produzir informações valiosas sobre a erosão do solo. Por meio de imagens de satélite é possível determinar a cobertura do solo e identificar momentos mais vulneráveis à erosão do solo ao longo de um ano (KEFI; YOSHINO, 2010). Usando o índice de área foliar (IAF), que é a taxa de área foliar em relação à superfície do solo (ZHENG; MOSKAL, 2009), é possível determinar melhor a produtividade da água, já que a evaporação da água do solo aumenta em uma taxa mais lenta quando o IAF está próximo a 4 (HATFIELD; DOLD, 2019). O NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) é usado para quantificar a biomassa e pode fornecer informações sobre o armazenamento de carbono (GENG et al., 2021).

Levar em consideração a qualidade e/ou adaptação da semente utilizada também é uma perspectiva para trabalhos futuros. O grupo de maturidade da semente usado e se elas são resistentes à seca podem indicar a razão do sucesso ou fracasso de uma safra. Variedades com maior eficiência na assimilação de CO<sub>2</sub> sob estresse hídrico e temperatura são preferíveis. (HATFIELD; DOLD, 2019). E conhecendo o grupo de maturidade é possível melhor identificar a janela de fertilização e definir quando é mais adequado aplicar N e outros insumos.

Avaliar práticas para contextos específicos também deve ser considerado para as próximas abordagens. Na dimensão ambiental, dependendo do relevo, evapotranspiração e características do solo de uma fazenda, algumas práticas de manejo serão mais valorizadas do que outras. Em áreas semiáridas existem práticas que são mais importantes para manter a umidade do solo e em terras altas, onde as encostas são mais proeminentes, contexto em que práticas que previnem a erosão serão preferíveis. Para implementar esta abordagem, mapas de solo, clima e relevo serão integrados ao FieldSim, e com a localização do agricultor já é possível fazer uma consulta espacial para obter as informações necessárias. Na dimensão social é necessário melhor avaliar como os agricultores de uma determinada região veem a sustentabilidade, seus desafios para mudar suas práticas atuais e a adoção dessas mudanças em escala regional (JHA et al., 2020). O uso de um framework para avaliar esses pontos é apresentado por SIEBER et al. (2015, p.1285) e é denominado ScalA. Ele foi aplicado na Tanzânia e é uma ferramenta de avaliação integrada que:

“Visa analisar e discutir estratégias de divulgação bem-sucedidas e promissoras para influenciar as prioridades de financiamento para o desenvolvimento agrícola e rural e facilitar a avaliação sistemática, a comunicação e a disseminação de abordagens e conceitos bem-sucedidos de agricultura sustentável nas regiões-piloto selecionadas.”

Integrar esta abordagem no FieldSim pode ser uma forma valiosa de rastrear e acompanhar a transição dos agricultores para um sistema de cultivo mais sustentável. Também pode ser usado para ajudar os agricultores a buscar uma meta para sua segurança alimentar e sustentabilidade, mas ainda se faz necessário usar abordagens pedagógicas e avaliações para aumentar a adoção dessas práticas entre os pequenos agricultores e para quantificar a diversidade alimentar.

Para uma adoção bem-sucedida de práticas sustentáveis pelos agricultores, é extremamente importante conhecer as motivações das comunidades e os vetores de mudança. Construir uma ferramenta educacional participativa em que os agricultores tenham ideias para seus próprios problemas terá mais chance de ser aplicada (BONATTI et al., 2018). Portanto, após a avaliação, como envolver os agricultores para a mudança de forma participativa também é essencial.

## 4. Conclusão

Através do presente trabalho, com o uso de um sistema de indicadores e visualização é possível avaliar o desempenho dos agricultores e identificar as boas práticas dos agricultores para a segurança e sustentabilidade alimentar. Os agricultores estudados no condado de Vihiga têm insegurança alimentar em relação às suas necessidades de milho, pois precisam melhorar as práticas ou expandir suas terras para superar esse déficit. Para o uso de fertilizantes nitrogenados e a produtividade relacionada a distribuição da chuva, já existem bons exemplos, em que alguns deles dividem a fertilização de cobertura e mudam as datas de semeadura de acordo com a chuva. Mas muitos ainda aplicam fertilizante durante a semeadura, ao invés de esperar de 7 a 15 dias para fazê-lo, e eles não aplicam fertilizante orgânico, além de utilizarem preparo do solo.

Este trabalho integra indicadores da literatura à plataforma digital FieldSim, permitindo que os tomadores de decisão em nível local identifiquem produtores exemplares e promovam suas práticas entre outros produtores da região, permitindo orientar os produtores em uma transição para sistemas agrícolas mais sustentáveis.

## 5. Bibliografia

ABEBE, Zerihun; FEYISA, Hailu. Effects of Nitrogen Rates and Time of Application on Yield of Maize: Rainfall Variability Influenced Time of N Application. **International Journal of Agronomy**, [S. l.], v. 2017, p. 10, 2017. DOI: 10.1155/2017/1545280.

BAIPHETHI, M. N.; JACOBS, P. T. The contribution of subsistence farming to food security in South Africa. [S. l.], v. 48, n. 4, p. 459–482, 2010. DOI: 10.1080/03031853.2009.9523836.

BAZEZEW, Arega. Determining food security indicators at household level in drought prone areas of the amhara region of ethiopia: the case of lay gaint district arega bazezew. [S. l.], v. 5, n. 4, p. 422–434, 2012. DOI: 10.4314/ejesm.v5i4.11.

BLUMENTHAL, Jürg D. M.; BALTENSBERGER, David D.; CASSMAN, Kenneth G.; MASON, Stephen C.; PAVLISTA, Alexander D. Importance and Effect of Nitrogen on Crop Quality and Health. **Nitrogen in the Environment**, [S. l.], p. 51–70, 2008. DOI: 10.1016/B978-0-12-374347-3.00003-2.

BONATTI, Michelle; SCHLINDWEIN, Izabela; LANA, Marcos; BUNDALA, Nyamizi; SIEBER, Stefan; RYBAK, Constance. Innovative educational tools development for food security: Engaging community voices in Tanzania. **Futures**, [S. l.], v. 96, n. October 2017, p. 79–89, 2018. DOI: 10.1016/j.futures.2017.11.008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.11.008>.

BRYAN, Elizabeth; RINGLER, Claudia; OKOBA, Barrack; RONCOLI, Carla; SILVESTRI, Silvia; HERRERO, Mario. Adapting agriculture to climate change in Kenya: Household strategies and determinants. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 114, p. 26–35, 2013. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.10.036. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.036>.



BURCHI, Francesco; MURO, Pasquale De. From food availability to nutritional capabilities : Advancing food security analysis. **Food Policy**, [S. l.], v. 60, p. 10–19, 2016. DOI: 10.1016/j.foodpol.2015.03.008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.03.008>.

CALLAGHAN, J. R. O.; MAENDE, C.; WYSEURE, G. C. L. Computers and electronics in agriculture Modelling the intercropping of maize and beans in Kenya. **Computers and Electronics in Agriculture**, [S. l.], v. 11, p. 351–365, 1994.

CELESTIN, Pierre; KUYAH, Shem; AURA, Charles; MIDEGA, Odhiambo; NJOROGE, Peter; RAHMAN, Zeyaur. Field Crops Research Push-pull technology improves maize grain yield and total aboveground biomass in maize-based systems in Western Kenya. **Field Crops Research**, [S. l.], v. 256, n. June, p. 107911, 2020. DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107911. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107911>.

CHEGERE, Martin Julius. Post-harvest losses reduction by small-scale maize farmers: The role of handling practices. **Food Policy**, [S. l.], v. 77, n. May 2017, p. 103–115, 2018. DOI: 10.1016/j.foodpol.2018.05.001.

CONGREVES, Kate A.; OTCHERE, Olivia; FERLAND, Daphnée; FARZADFAR, Soudeh; WILLIAMS, Shanay; ARCAND, Melissa M. Nitrogen Use Efficiency Definitions of Today and Tomorrow. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 12, n. June, p. 1–10, 2021. DOI: 10.3389/fpls.2021.637108.

COUNTY GOVERNMENT OF VIHIGA. COUNTY GOVERNMENT OF VIHIGA SECOND COUNTY INTEGRATED DEVELOPMENT PLAN 2018-2022. [S. l.], n. August 2018, p. 39, 2018.

DAVIES, Benjamin; COULTER, Jeffrey A.; PAGLIARI, Paulo H. Timing and rate of nitrogen fertilization influence maize yield and nitrogen use efficiency. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 15, n. 5, p. 1–19, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0233674. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0233674>.

DROPPELMANN, Klaus J.; SNAPP, Sieglinde S.; WADDINGTON, Stephen R. Sustainable intensification options for smallholder maize-based farming systems in sub-Saharan Africa. **Food Security**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 133–150, 2017. DOI: 10.1007/s12571-016-0636-0.

FAO. **FAOSTAT**. 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 22 jun. 2021.

FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2020**. Rome, Italy.

FIXEN, Paul; BRENTURP, Frank; BRUULSEMA, Tom W.; GARCIA, Fernando; NORTON, Rob; ZINGORE, Shamie. Nutrient/ Fertilizer Use Efficiency: Measurement, Current Situation and Trends. In: **Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification**. [s.l: s.n.]. p. 8–38.

FRELAT, Romain et al. Drivers of household food availability in sub-Saharan Africa based on big data from small farms. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [S. l.], v. 113, n. 2, p. 458–463, 2016. DOI: 10.1073/pnas.1518384112.

GENG, Liying; CHE, Tao; MA, Mingguo; TAN, Junlei; WANG, Haibo. Corn Biomass Estimation by Integrating Remote Sensing and Long-Term Observation Data Based on Machine Learning Techniques. **Remote Sensing**, [S. l.], v. 13, n. 2352, p. 24, 2021. DOI:

10.3390/rs13122352.

GILLER, Ken E. The Food Security Conundrum of sub-Saharan Africa. **Global Food Security**, [S. l.], v. 26, n. July, p. 100431, 2020. DOI: 10.1016/j.gfs.2020.100431. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100431>.

GITU, Kang'ethe W. AGRICULTURAL DEVELOPMENT AND FOOD SECURITY IN SUB-SAHARAN AFRICA ( SSA ) Building a Case for more Support The Case of Kenya Prepared for the. **Policy Assistance Unit of the FAO Subregional Office for East and Southern Africa**, [S. l.], n. 03, 2006. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-a0782e.pdf>.

HATFIELD, Jerry L.; DOLD, Christian. Water-Use Efficiency : Advances and Challenges in a Changing Climate. [S. l.], v. 10, n. February, p. 1–14, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.00103.

HERRERO, Mario; RINGLER, Claudia; STEEG, Jeannette Van De; KOO, Jawoo; NOTENBAERT, An. **Climate variability and climate change and their impacts on Kenya's agricultural sector**. Nairobi, Kenya.

HUANG, R.; BIRCH, C. J.; GEORGE, Doug. Water use efficiency in maize production - the challenge and improvement strategies WATER USE EFFICIENCY IN MAIZE PRODUCTION – THE CHALLENGE AND IMPROVEMENT STRATEGIES. [S. l.], n. June 2014, 2011.

INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION (IHME). **Population Forecasting**. 2020. Disponível em: <https://vizhub.healthdata.org/population-forecast/>. Acesso em: 22 jun. 2021.

JAETZOLD, Ralph; SCHIMIDT, Helmut; HORNETZ, Berthold; SHISANYA, Chris. **FARM MANAGEMENT HANDBOOK OF KENYA Annex: - Atlas of Agro - Ecological Zones, Soils and Fertilising by Group of Districts in Western Province - Subpart A1 Kakamega & Vihiga County**. Nairobi, Kenya.

JAMA, Bashir; PIZARRO, Gonzalo. Agriculture in Africa: Strategies to improve and sustain smallholder production systems. **Annals of the New York Academy of Sciences**, [S. l.], v. 1136, p. 218–232, 2008. DOI: 10.1196/annals.1425.034.

JHA, Srijna; KAECHHELE, Harald; LANA, Marcos; AMJATH-BABU, T. S.; SIEBER, Stefan. Exploring farmers' perceptions of agricultural technologies: A case study from Tanzania. **Sustainability (Switzerland)**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 1–21, 2020. DOI: 10.3390/su12030998.

KEFI, M.; YOSHINO, K. Evaluation of the economic effects of soil erosion risk on agricultural productivity using remote sensing: Case of watershed in Tunisia. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives**, [S. l.], v. 38, p. 930–935, 2010.

KENNEDY G., BALLARD T., Dop M. **Guidelines for measuring household and individual dietary diversity**. [s.l: s.n.].

KENYA NATIONAL BUREAU OF STATISTICS. **2019 Kenya Population and Housing census Volume IV: Distribution of Population by Socio-Economic Characteristics**. [s.l.] : Kenya National Bureau of Statistics, 2020. Disponível em: <https://www.knbs.or.ke/?wpdmpromo=2019-kenya-population-and-housing-census-volume-iv-distribution-of-population-by-socio-economic-characteristics>.

KORNHER, L. **Maize markets in Eastern and Southern Africa (ESA) in the Context of Climate Change**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.fao.org/3/CA2155EN/ca2155en.pdf>.

MANCEAU, Léa Jehl Le; TRÆRUP, Sara; DIERKS, Stefan; HECL, Vladimir. **REGIONAL TECHNOLOGY BRIEF AFRICA**. [s.l.: s.n.].

MOHAJAN, Haradhan. Munich Personal RePEc Archive Food and Nutrition Scenario of Kenya Food and Nutrition Scenario of Kenya. [*S. l.*], n. 56218, 2014. DOI: 10.12691/ajfn-2-2-3.

MULUNEH, A.; STROOSNIJDER, L.; KEESSTRA, S. Adapting to climate change for food security in the Rift Valley dry lands of Ethiopia : supplemental irrigation , plant density and sowing date. [*S. l.*], n. 2017, p. 703–724, 2021. DOI: 10.1017/S0021859616000897.

MUYANGA, Milu; JAYNE, T. S. Effects of rising rural population density on smallholder agriculture in Kenya. **Food Policy**, [*S. l.*], v. 48, p. 98–113, 2014. DOI: 10.1016/j.foodpol.2014.03.001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.03.001>.

NG'ENDO, Mary; BHAGWAT, Shonil; KEDING, Gudrun B. Contribution of Nutrient Diversity and Food Perceptions to Food and Nutrition Security Among Smallholder Farming Households in Western Kenya: A Case Study. **Food and Nutrition Bulletin**, [*S. l.*], v. 39, n. 1, p. 86–106, 2018. DOI: 10.1177/0379572117723135.

NYAKUDYA, I. W.; STROOSNIJDER, L. Water management options based on rainfall analysis for rainfed maize ( *Zea mays L.* ) production in Rushinga district , Zimbabwe. **Agricultural Water Management**, [*S. l.*], v. 98, n. 10, p. 1649–1659, 2011. DOI: 10.1016/j.agwat.2011.06.002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2011.06.002>.

OGOT, Nicholas. Metrics for identifying food security status. **Food Security and Nutrition**, [*S. l.*], p. 147–179, 2021. DOI: 10.1016/B978-0-12-820521-1.00007-1.

ROCKSTRÖM, Johan; BARRON, Jennie. Water Productivity in Rainfed Systems : Overview of challenges and analysis of opportunities in water scarcity prone savannahs Water productivity in rainfed systems : overview of challenges and analysis of opportunities in water scarcity prone savannahs. [*S. l.*], n. March 2007, 2014. DOI: 10.1007/s00271-007-0062-3.

SIBHATU, Kibrom T.; QAIM, Matin. Rural food security , subsistence agriculture , and seasonality. **PLoS ONE**, [*S. l.*], v. 12, n. 10, p. 1–15, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0186406.g001.

SIEBER, Stefan; JHA, Srijna; SHEREEF, Amjath-babu Tharayil; BRINGE, Franziska; MUELLER, Klaus. Integrated assessment of sustainable agricultural practices to enhance climate resilience in Morogoro , Tanzania. **Regional Environmental Change**, [*S. l.*], v. 15, n. 7, p. 1281–1292, 2015. DOI: 10.1007/s10113-015-0810-5.

SITTHAPHANIT, S.; LIMPINUNTANA, V.; TOOMSAN, B.; PANCHABAN, S.; BELL, R. Growth and yield responses in maize to split and delayed fertilizer applications on sandy soils under high rainfall regimes. **Kasetsart Journal (Natural Science)**, [*S. l.*], v. 44, n. January, p. 991–1003, 2010.

STADLMAYR, Barbara; CHARRONDIERE, Ute; ADDY, Paulina; ENUJIUGHA, Victor Ndigwe. **Composition of Selected Foods from West Africa**. Rome: FAO, 2010.

SWIFT, MJ; SHEPHERD, KD. **Saving Africa ' s Soils : Science and Technology for Improved Soil Management in Africa**. Nairobi.

THIERFELDER, C.; WALL, P. C. Effects of conservation agriculture on soil quality and

productivity in contrasting agro-ecological environments of Zimbabwe. **Soil Use and Management**, [S. l.], v. 28, p. 209–220, 2012. DOI: 10.1111/j.1475-2743.2012.00406.x.

UNITED NATIONS. **Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies Indicators of Sustainable Development** : 3. ed. New York: United Nations, 2007.

VANLAUWE, Bernard; KIHARA, Job; CHIVENGE, Pauline; PYPERS, Pieter; COE, Ric; SIX, Johan. Agronomic use efficiency of N fertilizer in maize-based systems in sub-Saharan Africa within the context of integrated soil fertility management. **Plant and Soil**, [S. l.], v. 339, n. 1, p. 35–50, 2011. DOI: 10.1007/s11104-010-0462-7.

WHEELER, T.; VON BRAUN, J. Climate Change Impacts on Global Food Security. **Science**, [S. l.], v. 341, n. 6145, p. 508–513, 2013. DOI: 10.1126/science.1239402. Disponível em: <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.1239402>.

ZAKARIA, Mahmoud Sherif. The Journal of Academic Librarianship Data visualization as a research support service in academic libraries : An investigation of world-class universities. **The Journal of Academic Librarianship**, [S. l.], v. 47, n. 5, p. 102397, 2021. DOI: 10.1016/j.acalib.2021.102397. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2021.102397>.

ZHENG, Guang; MOSKAL, L. Monika. Retrieving Leaf Area Index (LAI) Using Remote Sensing: Theories, Methods and Sensors. **Sensors**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 2719–2745, 2009. DOI: 10.3390/s90402719.

## Anexos

Dados da composição familiar, sexo, idade e necessidade energética individual diária.

*Tabela 2: Composição familiar, sexo, idade e necessidade energética individual diária dos agricultores entrevistados.*

Farmer	Sex	Birth Year	Age	Kcal need/day
Imelda Shawitza	W	1985	36	2150
	M	1983	38	2900
	W	2009	12	2100
	M	2007	14	2400
	M	2012	9	2100
Riita Achevi	W	1956	65	1950
	W	2004	17	2150
	W	2007	14	2150
	W	2008	13	2100
	M	2010	11	2200