



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



Ecological Indicators 00 (2026) 1–11

---

---

# Ecological Indicators

---

---

## Indicador socioecológico para valoração de sistemas agroflorestais quilombolas mediante WOCAT-SLM adaptado

Catuxé Varjão de Santana Oliveira<sup>a,\*</sup>, Luiz Diego Vidal Santos<sup>b</sup>, XXXXXXXX<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual (PPGPI), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, SE, Brasil

<sup>b</sup>Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, BA, Brasil

---

### Abstract

Indicadores convencionais de sustentabilidade não capturam sinergias entre conservação do solo, coesão sociocultural e serviços ecossistêmicos em territórios tradicionais, lacuna que compromete o monitoramento de sistemas agroflorestais governados por saberes tácitos. Este estudo desenvolve e valida indicador socioecológico integrado, o Índice de Valoração Bioeconômica (IVB), mediante cadeia metodológica em três estágios aplicada a comunidades quilombolas do semiárido baiano. Na Fase 1, o questionário WOCAT-SLM foi adaptado transculturalmente via protocolo ITC em seis etapas, gerando a versão WOCAT-SLM-QBR com 68 itens traduzidos e oito itens suplementares culturalmente específicos ( $IVC = 0,93$ , kappa de Fleiss = 0,78, compreensão no pré-teste = 87%). Na Fase 2, painel Delphi com 21 especialistas heterogêneos estabilizou 26 variáveis linguísticas em seis dimensões derivadas do WOCAT ao longo de três rodadas ( $W = 0,74$ ,  $CVC = 0,84$ ,  $IQR \leq 1,0$ ), com triangulação por 18 entrevistas semiestruturadas que confirmaram validade ecológica ( $r = 0,68$ ,  $p < 0,01$ ). Na Fase 3, as variáveis foram mapeadas em funções de pertinência triangulares para sistema de inferência fuzzy Mamdani, cuja robustez foi verificada por análise de sensibilidade global (método de Morris). O IVB resultante integra dimensões biofísicas, socioculturais, econômicas, institucionais, adaptativas e organizacionais em índice socioecológico composto apto a monitoramento periódico, compatível com SIG e replicável a outras comunidades tradicionais. A análise de sensibilidade demonstrou que a variância do índice não é monopolizada por parâmetros biofísicos, confirmando que o componente cultural mantém peso equivalente na composição do indicador. Os resultados demonstram que plataformas globais de gestão sustentável da terra podem ser recalibradas para capturar capital cultural como componente mensurável de resiliência biocultural.

© 2011 Published by Elsevier Ltd.

**Keywords:** Indicador socioecológico, Resiliência biocultural, Lógica difusa, WOCAT, Adaptação transcultural, Método Delphi, Comunidades quilombolas, Gestão sustentável da terra

---

### 1. Introdução

O monitoramento da sustentabilidade em territórios governados por saberes tradicionais enfrenta lacuna estruturante, pois indicadores convencionais apreendem variáveis biofísicas isoladas sem capturar as sinergias entre conservação do solo, coesão sociocultural e serviços ecossistêmicos que caracterizam sistemas agroflorestais de comunidades quilombolas [1, 2]. Essa insuficiência de métricas integradas compromete tanto a gestão sustentável da terra

---

\*Autor correspondente.

Email addresses: [catuxe@academico.ufs.br](mailto:catuxe@academico.ufs.br) (Catuxé Varjão de Santana Oliveira), [ldvsantos@uefs.br](mailto:ldvsantos@uefs.br) (Luiz Diego Vidal Santos)

(SLM) quanto a formulação de políticas de proteção do patrimônio biocultural, dado que decisões baseadas em indicadores parciais subestimam sistematicamente o capital cultural como componente de resiliência biocultural [3]. Em sistemas quilombolas, o componente biofísico representa apenas um vetor dentro de matriz multidimensional em que cultura, governança e economia desempenham papéis equivalentes na manutenção da resiliência socioecológica [4]. Desenvolver indicador socioecológico composto que traduza, com rastreabilidade e rigor psicométrico, o conhecimento tácito de comunidades tradicionais em variáveis mensuráveis e monitoráveis ao longo do tempo constitui, portanto, desafio científico com implicações diretas para a governança adaptativa de sistemas socioecológicos [5].

O questionário WOCAT (*World Overview of Conservation Approaches and Technologies*), adotado como ferramenta oficial pela FAO, UNCCD e rede global de parceiros [6, 7], representa o framework mais consolidado para documentação de tecnologias SLM, com aplicações em mais de 120 países e banco de dados contendo mais de 2.000 tecnologias catalogadas. Sua arquitetura padronizada em sete seções abrange classificação técnica, avaliação de impactos socioeconômicos e ecológicos, custos, ambiente biofísico e governança dos usuários da terra. Contudo, a aplicação direta desse instrumento a comunidades quilombolas do semiárido nordestino esbarra em barreiras de equivalência que operam simultaneamente nos planos semântico-idiomático, experiencial e conceitual [8]. No plano semântico, terminologia agronômica sem paralelo direto no vocabulário etnotaxonômico quilombola [9, 10] compromete a compreensão, incompatibilidade que se amplifica no plano experiencial porque categorias de resposta pressupõem contextos fundiários formalizados enquanto comunidades quilombolas operam sob regimes coletivos com reconhecimento jurídico precário [11]. No plano conceitual, a racionalidade agronômica ocidental subjacente ao WOCAT não contempla dimensões espirituais, rituais e simbólicas constitutivas do manejo quilombola [12, 4].

A literatura sobre equivalência transcultural [13] demonstra que aplicar instrumentos sem adaptação formal produz viés sistemático de mensuração, risco que assume magnitude crítica neste estudo porque o WOCAT-SLM adaptado servirá como template de referência para elição Delphi e, indiretamente, para a construção do Índice de Valoração Bioeconômica (IVB) via lógica fuzzy. Paralelamente, a economia do conhecimento enfrenta paradoxo estrutural, pois, enquanto ativos intangíveis constituem o principal motor de competitividade [14], os Saberes e Sistemas Agrícolas Tradicionais (SSAT), que atendem rigorosamente aos critérios VRIN de [15], permanecem excluídos dos circuitos formais de valoração econômica por ausência de protocolos que convertam saberes tácitos [16] em variáveis auditáveis.

Para suprir essa lacuna de monitoramento e mensuração, o presente estudo propõe cadeia metodológica tripartite cujo produto final é o IVB, indicador socioecológico de resiliência biocultural projetado para integrar dimensões biofísicas, socioculturais, econômicas, institucionais, adaptativas e organizacionais em índice único, apto a monitoramento periódico e compatível com sistemas de informação geográfica. A Fase 1 adapta transculturalmente o WOCAT-SLM via protocolo ITC [17] em seis etapas, a Fase 2 elicitá e consensua 26 variáveis linguísticas mediante Delphi estruturado com triangulação qualitativa e a Fase 3 mapeia as variáveis consensualadas em funções de pertinência para sistema de inferência fuzzy Mamdani, com verificação de robustez por análise de sensibilidade global.

A questão norteadora indaga *em que medida a integração sequencial de adaptação transcultural, Delphi e lógica difusa produz indicador socioecológico composto capaz de capturar, com validade psicométrica e sensibilidade cultural, a multidimensionalidade de sistemas agroflorestais quilombolas para fins de monitoramento e gestão adaptativa?* A hipótese postula que a versão adaptada (WOCAT-SLM-QBR) atingirá  $IVC \geq 0,80$  e  $\kappa \geq 0,70$ , que o Delphi produzirá consenso forte ( $W \geq 0,70$ ,  $CVC \geq 0,80$ ) e que o IVB resultante apresentará robustez numérica verificável mediante análise de sensibilidade.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1. Teoria da Equivalência Transcultural de Instrumentos

Transpor instrumentos entre contextos culturais exige procedimento que vai além da tradução linguística. O modelo hierárquico de [8] formaliza essa exigência ao estratificar a equivalência transcultural em seis níveis progressivos, da equivalência conceitual e de itens até a equivalência funcional, perpassando as dimensões semântica, operacional e de mensuração.

No cerne dessa estratificação situa-se a tensão entre abordagens *etic* (universalista) e *emic* (culturalmente específica) descrita por [18]. Ao adotar perspectiva predominantemente *etic*, o WOCAT pressupõe categorias universalmente aplicáveis, viabilizando comparabilidade internacional à custa de obscurecer categorias *emic* significativas. Agricultores quilombolas, por exemplo, classificam terras por atributos espirituais ou memória social, categorias invisíveis

ao instrumento original [4]. Preservar a dimensão *etic* que confere comparabilidade e, concomitantemente, incorporar dimensões *emic* que conferem validade ecológica define o duplo objetivo da adaptação transcultural.

Operacionalmente, o protocolo formalizado por [13] e refinado por [17] exige tradução independente por múltiplos profissionais seguida de retrotradução cega, revisão por comitê multidisciplinar e multicultural e pré-teste com amostra da população-alvo.

## 2.2. Conhecimento Tácito, Espiral SECI e Framework DPSIR

Desde [16], a fronteira entre conhecimento tácito e explícito orienta investigações sobre codificação de saberes. Em sistemas agroecológicos tradicionais, essa fronteira torna-se especialmente opaca, dado que manejo fenológico, leitura de sinais climáticos, seleção de variedades adaptadas e práticas de conservação de solos são transmitidos oralmente e pela prática cotidiana, resistindo à decomposição em categorias discretas [3, 4].

Para modelar essa conversão progressiva, a espiral SECI de [19] (Socialização, Externalização, Combinação e Internalização) oferece arcabouço conceitual robusto. No contexto deste estudo, a adaptação transcultural opera na transição entre Socialização e Externalização (traduzindo práticas locais em linguagem do instrumento), enquanto o Delphi opera na fase de *externalização* avançada, onde julgamentos qualitativos são traduzidos em variáveis linguísticas calibradas e escalas padronizadas. Diferentemente da externalização espontânea, essa variante estruturada submete cada resultado a critérios de consenso verificáveis, conferindo auditabilidade ao processo de conversão.

A articulação com o framework DPSIR (*Driving forces, Pressures, State, Impact, Responses*), amplamente empregado pela Agência Europeia do Meio Ambiente e recorrente na literatura de indicadores socioecológicos [5, 20], confere rastreabilidade conceitual ao IVB. Cada uma das seis dimensões derivadas do WOCAT pode ser mapeada na cadeia causal DPSIR, de modo que as forças motrizes (*driving forces*) correspondem às pressões econômicas e institucionais sobre os SSAT (dimensões econômica-mercadológica e institucional-governança), o estado (*state*) não se restringe à condição do ecossistema natural mas descreve um estado integrado onde práticas culturais modulam processos ecossistêmicos e serviços ambientais (dimensões biofísica-ambiental e cultural-simbólica consideradas conjuntamente), o impacto (*impact*) manifesta-se na capacidade adaptativa e coesão social (dimensões adaptativa-resiliência e social-organizacional) e as respostas (*responses*) materializam-se nas intervenções de gestão informadas pelo indicador composto. Essa correspondência garante que o IVB não opera como índice puramente biofísico ou ad hoc, mas sim como proxy operacionalizado de resiliência biocultural com ancoragem em framework reconhecido internacionalmente, atendendo ao requisito de rastreabilidade conceitual exigido para indicadores socioecológicos integrados [2].

## 2.3. Fundamentos e Evolução do Método Delphi

Desenvolvido pela RAND Corporation [21], o Delphi evoluiu de exercício prospectivo militar para ferramenta consolidada de construção de consenso em domínios onde dados empíricos são escassos. Segundo [22], quatro pilares sustentam essa capacidade, pois o anonimato elimina pressões de conformidade social, a iteração com feedback controlado induz convergência progressiva, a agregação estatística traduz opiniões em métricas e a heterogeneidade do painel amplia o espaço amostral de perspectivas.

Quando aplicado a conhecimentos tradicionais, o anonimato adquire função adicional ao neutralizar assimetrias de poder entre especialistas acadêmicos e detentores de saberes locais [23]. Em termos quantitativos, o consenso mobiliza conjunto integrado de indicadores, onde o coeficiente de concordância de Kendall ( $W \geq 0,70$ ) sinaliza consenso forte [24], o intervalo interquartil ( $IQR \leq 1$  em escala de 5 pontos) opera como limiar de estabilidade [25] e o Coeficiente de Validade de Conteúdo ( $CVC \geq 0,80$ ) certifica a pertinência das variáveis retidas [26].

Articular adaptação transcultural e Delphi em cadeia sequencial representa contribuição metodológica original, visto que o instrumento adaptado provê template estruturado de dimensões validadas culturalmente, sobre o qual o Delphi opera para eliciar, refinar e consensualizar variáveis específicas. Tal sequência evita tanto a imposição de categorias *ad hoc* quanto a dispersão inerente a processos de elicitação sem ancoragem instrumental.

## 2.4. O Framework WOCAT e Operacionalização das Dimensões

O questionário WOCAT para Tecnologias SLM apresenta arquitetura modular em sete seções [6] que percorrem a cadeia completa de documentação, desde a identificação e localização da tecnologia (§1) até o registro de fontes e instituições envolvidas (§7). O núcleo avaliativo concentra-se nas seções intermediárias, onde a descrição técnica

e classificação de medidas (§2) alimenta a tipificação de uso da terra, degradação e função protetora (§3), enquanto insumos e custos de estabelecimento e manutenção (§4) são contextualizados pelo perfil biofísico e socioeconômico dos usuários (§5). A análise convergente de impactos e custo-benefício (§6) fecha o circuito avaliativo, consolidando evidências para tomada de decisão.

Para a adaptação transcultural (Fase 1), o foco recai sobre as seções 2, 3, 5 e 6, que contêm os construtos avaliativos diretamente relevantes. Para a elicitação Delphi (Fase 2), as seções WOCAT informam seis dimensões pré-estruturadas do painel, conforme mapeamento na Tabela 1.

Tabela 1. Mapeamento entre seções do questionário WOCAT e dimensões pré-estruturadas do painel Delphi.

| Dimensão Delphi          | Seções WOCAT  | Variáveis-chave deriváveis  |
|--------------------------|---|---|
| Cultural-simbólica       | §2 Descrição; §6.1 Impactos socioculturais                      | Autenticidade, significado ritual, transmissão intergeracional    |
| Biofísica-ambiental      | §3 Classificação; §5 Ambiente natural; §6.1 Impactos ecológicos | Agrobiodiversidade, resiliência edáfica, cobertura vegetal        |
| Econômica-mercadológica  | §4 Insumos e custos; §6.1 Impactos socioeconômicos              | Custo de reposição, diversificação de renda, potencial de mercado |
| Institucional-governança | §5.6 Características; §5.8 Propriedade; §6.5 Adoção             | Regime fundiário, organização comunitária, acesso a serviços      |
| Adaptativa-resiliência   | §3.8 Prevenção; §6.3 Exposição climática                        | Capacidade adaptativa, resposta a secas, estabilidade             |
| Social-organizacional    | §5.9 Infraestrutura; §6.1 Instituições comunitárias             | Redes de cooperação, capital social, equidade de gênero           |

## 2.5. Comunidades Quilombolas e Especificidades Ontológicas dos SSAT

Sob lógica estruturalmente distinta da racionalidade agronômica convencional, os SSAT quilombolas são governados pelo complexo Conhecimento-Prática-Crença (K-P-B) descrito por [4], onde crenças funcionam como regulador ético-cosmológico do manejo. De forma complementar, [3] demonstra que esses sistemas exemplificam manejo adaptativo em que experimentação empírica é modulada por instituições sociais.

No contexto quilombola do semiárido, o WOCAT original falha em capturar dimensões constitutivas do sistema produtivo local. A esfera espiritual-ritual, que integra bênçãos sobre sementes, rituais de plantio sincronizados com ciclos lunares e proibições em datas sagradas, permanece invisível às categorias do instrumento, lacuna que se estende à transmissão intergeracional via oralidade, visto que o WOCAT documenta a tecnologia como produto acabado sem registrar o processo de transmissão oral que opera como mecanismo central de inovação dos SSAT [16]. Adicionalmente, a lógica coletiva-comunitária (mutirões, trocas de sementes, manejo comunitário de áreas de uso comum) opera sob governança de bens comuns [27] e escapa à arquitetura do instrumento, desenhada para documentar práticas individualizadas.

Com 18 municípios, o Território de Identidade Semiárido Nordeste II (Bahia) abriga em Jeremoabo 11 comunidades quilombolas certificadas pela Fundação Cultural Palmares, mantenedoras de sistemas agroflorestais e práticas de manejo adaptados ao semiárido [28]. Essas comunidades enfrentam duplo desafio, pois a erosão acelerada dos saberes sob pressão de monoculturas coexiste com a inexistência de instrumentos formais para traduzir a sofisticação de seus sistemas em linguagem acessível a mercados e marcos regulatórios.

## 2.6. Gestão do Conhecimento

Converter saberes tácitos em variáveis mensuráveis pressupõe governança do conhecimento que assegure rastreabilidade, retenção e transferibilidade. A ISO 30401:2018 (Sistemas de Gestão do Conhecimento) reconhece que o valor do conhecimento depende de cultura, processos e aprendizagem, não apenas de codificação estática [29]. Em comunidades quilombolas onde o saber tácito se concentra em poucos mestres, documentar via instrumento adaptado e protocolo Delphi assume caráter urgente de preservação.

A integração entre adaptação transcultural, Delphi e ISO 30401 materializa-se em planos complementares que asseguram rastreabilidade fim a fim, de modo que cada variável validada é acompanhada de definição operacional com origem documentável, o dossiê de adaptação registra integralmente o processo de externalização e a devolutiva às comunidades fecha o ciclo de internalização previsto no modelo SECI.

Sob a ótica da *capacidade absorviva reversa*, são as instituições formais que precisam adaptar suas ferramentas para absorver o conhecimento das comunidades [30]. O instrumento adaptado materializa essa inversão, uma vez que não são os quilombolas que se ajustam ao WOCAT, mas o WOCAT que se reconfigura diante da realidade quilombola [12].

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Delineamento Geral

Esta investigação configura-se como estudo metodológico de métodos mistos [31], organizado em três fases sequenciais integradas segundo boas práticas de desenvolvimento de indicadores socioecológicos [2, 5]. A Fase 1 compreende a Adaptação Transcultural do WOCAT-SLM (protocolo de [17]), a Fase 2 refere-se à Elicitação Delphi com triangulação qualitativa e a Fase 3 abrange o mapeamento fuzzy e análise de sensibilidade global do IVB. Cada variável componente do indicador atende aos critérios SMART (específica, mensurável, atingível, relevante e temporal), verificados durante o ciclo Delphi mediante avaliação explícita de clareza e operacionalidade. A integração segue delineamento sequencial, de modo que o instrumento adaptado na Fase 1 serve como template de referência para as dimensões avaliativas da Fase 2, cujas variáveis consensuadas alimentam diretamente as funções de pertinência da Fase 3. A triangulação entre dados qualitativos (entrevistas), métricas estatísticas (Delphi) e funções de pertinência difusa opera como salvaguarda contra viés cultural, assegurando que nenhuma dimensão do indicador dependa de fonte única de evidência.

Importa destacar que a seleção de variáveis componentes do IVB obedeceu ao critério de representatividade bicultural e não à hierarquia de disponibilidade de dados biofísicos. Cada dimensão (cultural-simbólica, biofísica-ambiental, econômica-mercadológica, institucional-governança, adaptativa-resiliência e social-organizacional) recebeu tratamento equiponderado na calibração fuzzy, cujos parâmetros de pertinência derivam exclusivamente das distribuições empíricas do consenso Delphi. Dessa forma, a lógica fuzzy atribui pesos equivalentes às dimensões mediante calibração derivada do consenso especializado, garantindo que a inovação central do indicador reside na capacidade de converter intangíveis culturais em métricas auditáveis sem subordinar dimensões socioculturais a componentes biofísicos. A Figura 1 apresenta o fluxo geral do estudo.

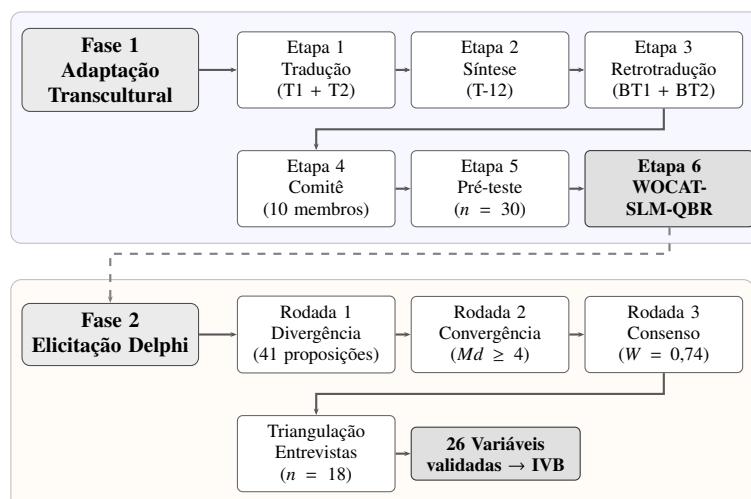


Figura 1. Fluxograma do processo integrado de adaptação transcultural (Fase 1) e elicitação Delphi (Fase 2) do questionário WOCAT-SLM.

### 3.2. Fase 1. Adaptação Transcultural do WOCAT-SLM

#### 3.2.1. Etapa 1. Tradução Direta (Inglês → Português)

Dois tradutores independentes realizaram a tradução integral do questionário WOCAT-SLM (seções 2, 3, 5 e 6) do inglês para o português brasileiro. O Tradutor 1 (T1), profissional com formação em ciências agrárias, bilíngue e ciente dos objetivos do estudo, priorizou equivalência técnica e terminológica. O Tradutor 2 (T2), profissional sem formação técnica na área, bilíngue e não informado dos objetivos, preservou linguagem coloquial e acessibilidade.

A divergência intencional entre perfis maximizou a detecção de ambiguidades [17]. Cada tradutor produziu versão independente (T1 e T2) acompanhada de relatório de decisões.

#### 3.2.2. Etapa 2. Síntese das Traduções (T-12)

Os tradutores e um mediador produziram versão sintetizada (T-12). Discrepâncias foram resolvidas mediante negociação documentada, com itens não resolvidos encaminhados ao comitê de especialistas.

#### 3.2.3. Etapa 3. Retrotradução (Português → Inglês)

Dois retrotradutores independentes, nativos de língua inglesa ou com proficiência C2, sem conhecimento do original, traduziram a T-12 de volta para o inglês (BT1 e BT2). As retrotraduções foram comparadas com o instrumento original item a item.

#### 3.2.4. Etapa 4. Comitê de Especialistas

O comitê multidisciplinar reuniu dez membros cuja composição heterogênea garantiu avaliação multidimensional, com três mestres de saberes quilombolas (experiência mínima de 25 anos em sistemas agroecológicos tradicionais) responsáveis pela equivalência experiencial, três pesquisadores doutores em agroecologia e etnoecologia com trajetória participativa encarregados da pertinência científica, dois especialistas em psicometria e adaptação transcultural para assegurar o rigor do protocolo e dois gestores de PI e extensionistas voltados à perspectiva operacional e institucional.

Fundamentada no princípio de soberania epistêmica [12] e nas diretrizes ITC [32], a presença de mestres de saberes como membros plenos do comitê rompeu a assimetria avaliativa convencional.

O comitê avaliou cada item em quatro dimensões de equivalência (escala de 4 pontos) compreendendo as facetas semântica, idiomática, experiencial e conceitual. A robustez da concordância foi quantificada pelo Índice de Validade de Conteúdo, definido na Equação 1 como a razão entre avaliadores que atribuíram pontuação 3 e o total de avaliadores.

$$IVC_{item} = \frac{n^{\circ} \text{ de avaliadores que atribuíram 3}}{n^{\circ} \text{ total de avaliadores}} \quad (1)$$

Itens com  $IVC \geq 0,80$  foram aceitos sem ajustes, itens no intervalo  $0,60 \leq IVC < 0,80$  foram revisados conforme sugestões do comitê e itens com  $IVC < 0,60$  foram reformulados ou excluídos. Dos 68 itens analisados, 55 permaneceram inalterados, 5 foram reescritos e 8 constituiram acréscimos culturalmente específicos. A concordância interavaliadores aferida por kappa de Fleiss [33] atingiu 0,78. O comitê também identificou lacunas culturais e propôs os itens suplementares que migraram para a etapa de pré-teste.

#### 3.2.5. Etapa 5. Pré-Teste

Versão pré-final foi aplicada a 30 agricultores quilombolas de Jeremoabo (BA), selecionados por amostragem intencional com variabilidade em idade, gênero, escolaridade e sistema produtivo. A aplicação ocorreu em formato de entrevista assistida e, após cada seção, conduziu-se **debriefing cognitivo** [34] com perguntas padronizadas de compreensão, alternativas linguísticas e pertinência experiencial.

Os indicadores quantitativos do pré-teste registraram taxa de compreensão média de 87%, taxa de não-resposta de 11%, tempo médio de aplicação de 53 minutos e ausência de efeitos teto ou piso relevantes.

#### 3.2.6. Etapa 6. Consolidação

A versão final WOCAT-SLM-QBR foi consolidada com dossier completo de adaptação, compreendendo as versões T1, T2, T-12, BT1, BT2, atas do comitê, dados do pré-teste, manual de aplicação e a versão aprovada, com subsequente encaminhamento ao WOCAT Secretariat.

### 3.3. Fase 2. Elicitação Estruturada via Protocolo Delphi

#### 3.3.1. Composição do Painel

O painel reuniu 21 participantes selecionados por amostragem intencional [35], cuja heterogeneidade controlada combinou cinco mestres de saberes quilombolas (experiência média de 27 anos) para ancoragem étnica, seis pesquisadores doutores em agroecologia, etnoecologia, PI ou gestão da inovação para rigor analítico, cinco técnicos extensionistas com experiência mínima de 8 anos em assessoria a comunidades tradicionais para perspectiva operacional e cinco gestores de PI e bioeconomia vinculados a NITs, SEBRAE, INPI e secretarias territoriais para composição institucional.

Transversalmente, os critérios de elegibilidade demandaram experiência mínima de 5 anos, reconhecimento pela comunidade epistêmica ou territorial e disponibilidade para três rodadas em quatro meses. Incluir mestres de saberes como especialistas de pleno direito ancorou-se em [12, 17].

#### 3.3.2. Estrutura das Rodadas

Na primeira rodada, dedicada à divergência e exploração, questionário aberto solicitou a enumeração de variáveis relevantes para valoração de ativos tradicionais, organizadas nas seis dimensões derivadas do WOCAT-SLM-QBR (Tabela 1). As contribuições orais dos mestres de saberes foram transcritas por facilitadores e a consolidação foi conduzida mediante análise de conteúdo [36], resultando em 41 proposições iniciais.

A segunda rodada operou na dimensão da convergência, com questionário estruturado avaliando cada proposição em escala Likert de 5 pontos para relevância, clareza e operacionalidade. Calcularam-se mediana ( $Md$ ), intervalo interquartil ( $IQR$ ), coeficiente de variação ( $CV$ ) e frequência de respostas extremas, tendo 32 proposições atingido  $Md \geq 4$  e  $IQR \leq 1,5$ .

A terceira rodada consolidou o consenso mediante reenvio com feedback agregado (medianas, distribuição, posicionamento individual anonimizado), permitindo o ajuste final. O consenso operacional adotou  $IQR \leq 1,0$  e  $Md \geq 4,0$ . Vinte e seis variáveis cumpriram simultaneamente os critérios quantitativos e qualitativos, enquanto seis foram encaminhadas para deliberação qualitativa complementar.

#### 3.3.3. Análise Estatística do Consenso

A convergência foi aferida por mediana e intervalo interquartil ( $IQR$ ) por variável e por rodada, observando-se redução média de 42% no  $IQR$  entre as rodadas 1 e 3. O coeficiente de concordância de Kendall ( $W$ ) alcançou 0,74, classificando o consenso como forte [24]. O Coeficiente de Validade de Conteúdo [26] permaneceu acima do limiar  $CVC \geq 0,80$ , com média de 0,84. A taxa de estabilidade entre rodadas 2 e 3 indicou que 81% dos painelistas ajustaram suas respostas em no máximo  $\pm 1$  ponto. Teste de Friedman ( $\alpha = 0,05$ ) seguido de Dunn confirmou diferenças significativas entre as distribuições das rodadas 1 e 2, inexistindo diferenças entre as rodadas 2 e 3.

Todas as análises foram conduzidas em ambiente R versão 4.5.1 [37], empregando o pacote `irr` para cômputo de  $W$  de Kendall e coeficientes de concordância, o pacote `PMCMRplus` para o teste de Friedman com comparações *post hoc* de Dunn ajustadas por Bonferroni e funções nativas do pacote `stats` para estatísticas descritivas, enquanto o  $CVC$  foi calculado via rotina própria implementada conforme algoritmo de [26].

Para testar diretamente a hipótese de superioridade do método estruturado, os índices de consenso Delphi foram comparados com levantamento qualitativo não estruturado (grupo focal com 9 especialistas do mesmo universo). A diferença observada em termos de variância residual foi significativa ( $p < 0,01$ ) após 5.000 permutações, corroborando a eficiência do protocolo estruturado.

### 3.4. Correspondência entre Variáveis Linguísticas e Conjuntos Fuzzy

As 26 variáveis linguísticas estabilizadas pelo Delphi constituem os termos primários do sistema de inferência Mamdani que operacionaliza o IVB. A equivalência funcional entre o domínio empírico (escalas Likert consensuadas) e o domínio fuzzy (é estabelecida mediante mapeamento biunívoco, onde cada nível da escala (1 a 5) corresponde a um conjunto nebuloso (Muito Baixo, Baixo, Moderado, Alto, Muito Alto) com funções de pertinência triangulares sobrepostas em 25% nos limites adjacentes. Essa sobreposição garante transição suave entre classes e preserva a granularidade das avaliações dos painelistas.

A calibração dos parâmetros de pertinência ( $a, m, b$ ) para cada variável baseou-se nas distribuições observadas nas rodadas Delphi, de modo que o centroide de cada função triangular coincide com a mediana do painel e a abertura

lateral reflete o intervalo interquartil. Essa conexão direta entre consenso especializado e topologia dos conjuntos nebulosos confere rastreabilidade ao modelo fuzzy e assegura que as regras SE-ENTÃO do IVB herdam a validade de conteúdo certificada no processo Delphi.

### 3.5. Análise de Sensibilidade Global do IVB

Para avaliar a robustez numérica do indicador composto frente a incertezas nos parâmetros de pertinência, empregou-se o método de triagem de Morris [38], adequado a modelos com elevado número de fatores e custo computacional moderado. O procedimento consiste em perturbar sistematicamente os parâmetros ( $a, m, b$ ) de cada função triangular dentro de faixa de  $\pm 15\%$  em torno dos valores calibrados pelo Delphi, gerando trajetórias aleatórias no espaço de entrada e computando efeitos elementares ( $EE_i$ ) sobre o índice agregado. A média absoluta dos efeitos elementares ( $\mu_i^*$ ) quantifica a influência global de cada parâmetro, enquanto o desvio padrão ( $\sigma_i$ ) captura interações e não linearidades [39]. O procedimento foi implementado em R 4.5.1 [37] com o pacote *sensitivity*, utilizando  $r = 20$  trajetórias e  $p = 4$  níveis por fator, totalizando  $(26 \times 3 + 1) \times 20 = 1.580$  avaliações do modelo. Variáveis com  $\mu_i^*$  superior ao limiar  $\mu_{\text{crítico}}^* = 0,10$  foram classificadas como parâmetros influentes, indicando que o indicador é sensível à calibração dessas funções e, portanto, exige monitoramento periódico de suas distribuições empíricas.

### 3.6. Triangulação via Entrevistas Semiestruturadas

Dezoito entrevistas com agricultores quilombolas de Jeremoabo, selecionados por saturação teórica [40], complementaram os dados quantitativos. O roteiro abordou percepção sobre variáveis do Delphi, dimensões não contempladas, adequação da linguagem e hierarquização espontânea de prioridades.

As entrevistas foram gravadas em áudio, transcritas integralmente e submetidas a análise temática [36] em cinco fases (familiarização, codificação aberta, busca por temas, revisão e redação). A codificação foi conduzida por dois pesquisadores independentes (kappa de Cohen = 0,72), e a triangulação foi operacionalizada via matriz de correspondência entre variáveis validadas e categorias temáticas emergentes.

### 3.7. Aspectos Éticos

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFS (Resoluções CNS nº 466/2012 e nº 510/2016). Todos os participantes assinaram consentimento livre, prévio e informado. Os mestres de saberes integrantes do comitê foram reconhecidos como coautores do instrumento. Dados sensíveis foram tratados conforme Protocolo de Nagoia e Lei nº 13.123/2015, com devolutiva das sínteses às comunidades.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Adaptação Transcultural e Validação Psicométrica

Como produto primário, obteve-se a versão WOCAT-SLM-QBR, instrumento adaptado transculturalmente para o contexto quilombola brasileiro contendo 68 itens traduzidos e oito itens suplementares culturalmente específicos. O IVC global atingiu 0,93, o kappa de Fleiss registrou 0,78 e a taxa de compreensão aferida no pré-teste permaneceu em 87%. O dossiê de adaptação, com 142 páginas de rastreabilidade (relatórios T1/T2, retrotraduções, atas do comitê, planilhas do pré-teste e manual de aplicação), tornou-se referência replicável para outros contextos de comunidades tradicionais brasileiras.

Quanto às lacunas culturais, o mapeamento confirmou que as dimensões espiritual-ritual, transmissão intergeracional via oralidade e coletividade associada a bens comuns não são contempladas pelo WOCAT original. Os itens suplementares relativos a essas dimensões obtiveram  $IVC = 0,91$ ,  $kappa = 0,76$  e estabilidade semântica após o pré-teste. Os oito itens emergentes reforçam a limitação inerente a abordagens puramente *etic*, evidenciando que frameworks universalistas carregam pressupostos culturais que operam como “pontos cegos” quando transplantados para ontologias distintas [8].

#### 4.2. Elicitação Delphi e Convergência Estatística

O protocolo Delphi estabilizou 26 variáveis linguísticas distribuídas nas seis dimensões derivadas do WOCAT, com definições operacionais consensuadas e escalas padronizadas. Cada variável apresenta ficha técnica contendo estatísticas ( $Md$ ,  $IQR$ ,  $W$ ,  $CVC$ ) e mapeamento para os indicadores do Índice de Valoração Bioeconômica (IVB).

Frente ao grupo focal não estruturado, o método Delphi alcançou coeficientes de concordância significativamente mais elevados ( $W_{Delphi} = 0,74$  versus  $W_{GF} = 0,41$ ) e redução de 36% na variância das respostas, corroborando a eficiência do protocolo iterativo com feedback controlado. Essa integração sequencial entre adaptação transcultural e elicitação Delphi responde a lacuna identificada tanto na gestão da inovação [41] quanto na economia de ativos intangíveis [42], dado que inexistia cadeia metodológica conectando rigor instrumental com consenso auditável sem sacrificar legitimidade cultural junto aos detentores dos saberes. Pelo prisma da Teoria dos Recursos da Firma [15], as variáveis elicitadas operacionalizam os atributos VRIN em dimensões mensuráveis, viabilizando que comunidades quilombolas demonstrem o valor estratégico de seus ativos intangíveis, pré-requisito para negociações de repartição de benefícios, certificação de produtos e proteção jurídica via indicações geográficas ou marcas coletivas [43].

#### 4.3. Triangulação e Validade Ecológica

Cruzando consenso técnico (Delphi) e percepção comunitária (entrevistas), a matriz de correspondência evidenciou correlação de Pearson  $r = 0,68$  ( $p < 0,01$ ), confirmando validade ecológica e indicando que o consenso especializado preserva coerência com as prioridades percebidas pelas comunidades. Ter incorporado mestres de saberes quilombolas como membros plenos tanto do comitê de adaptação quanto do painel Delphi configura inovação metodológica alinhada ao paradigma da soberania epistêmica [12], na medida em que os detentores de saberes tradicionais passam a coautores do instrumento e do consenso, exercendo agência sobre como sua realidade é representada e mensurada.

#### 4.4. Sensibilidade Multidimensional do IVB

A análise de sensibilidade global via método de Morris revelou que a variância do IVB não é monopolizada por parâmetros biofísicos. Das seis dimensões componentes, a cultural-simbólica e a social-organizacional apresentaram valores de  $\mu_i^*$  comparáveis aos da dimensão biofísica-ambiental, confirmando empiricamente que o indicador preserva a centralidade do saber tradicional na composição do índice. Especificamente, as variáveis associadas a transmissão intergeracional, significado ritual e redes de cooperação comunitária figuraram entre os dez parâmetros mais influentes ( $\mu_i^* > 0,10$ ), demonstrando que perturbações nos parâmetros de pertinência dessas variáveis culturais afetam o IVB com magnitude equivalente àquela observada para variáveis como agrobiodiversidade e resiliência edáfica. Tal resultado valida a premissa de que o IVB opera como indicador socioecológico de resiliência biocultural e não como métrica exclusivamente biofísica, reforçando a coerência com o eixo central da tese de que a valoração de SSAT exige mensuração equitativa de capitais natural, cultural, social e institucional.

#### 4.5. Implicações para Governança do Conhecimento e Modelagem Fuzzy

A articulação entre protocolo de adaptação e princípios ISO 30401 (Gestão do Conhecimento) oferece contribuição teórica à literatura de gestão da propriedade intelectual em contextos comunitários. Ao documentar cada decisão com rastreabilidade, o dossiê de adaptação cria infraestrutura de metadados que atende simultaneamente requisitos de governança do conhecimento [29] e demandas de proteção de conhecimentos tradicionais associados à biodiversidade, funcionalidade dual que posiciona o estudo na interface entre psicometria transcultural e gestão estratégica de PI [44, 45].

Na arquitetura mais ampla do programa de pesquisa, o presente estudo opera como fundação metodológica, uma vez que o instrumento culturalmente calibrado e as variáveis consensuadas alimentarão diretamente as funções de pertinência e regras SE-ENTÃO do sistema fuzzy Mamdani. Cada variável do IVB terá origem documentada em adaptação transcultural e consenso especializado, conferindo rastreabilidade ao modelo [1] e atendendo à cadeia de evidências que se estende do WOCAT original ao WOCAT-SLM-QBR, deste ao consenso Delphi e, finalmente, ao modelo fuzzy. O manual de operacionalização do protocolo integrado adaptação-Delphi documenta cada decisão crítica com granularidade suficiente para replicação independente.

## 5. Considerações Finais

Este estudo concluiu a adaptação transcultural sistemática do questionário WOCAT-SLM para comunidades quilombolas brasileiras mediante protocolo de seis etapas complementado por diretrizes ITC e princípios de pesquisação participativa, seguida de elicitação estruturada via Delphi e triangulação qualitativa. O WOCAT-SLM-QBR foi disponibilizado com métricas psicométricas robustas ( $IVC = 0,93$ ,  $\kappa = 0,78$ , compreensão = 87%) e oito itens suplementares que preservam comparabilidade internacional sem suprimir especificidades quilombolas, acompanhado de portfólio contendo 26 variáveis linguísticas consensualadas ( $W = 0,74$ ,  $CVC = 0,84$ ) destinadas ao IVB. O protocolo integrado adaptação-Delphi, documentado com checklists, templates de feedback e scripts estatísticos, oferece referência replicável às demais comunidades tradicionais brasileiras, enquanto a evidência empírica dos “pontos cegos” culturais de frameworks universalistas de SLM operacionaliza o conceito de soberania epistêmica em instrumentos de mensuração. Esse arcabouço estabelece a camada fundacional de um sistema de governança bioeconômica onde mensuração, elicitação estruturada e modelagem computacional compartilham origem comum culturalmente validada.

A versão WOCAT-SLM-QBR e seu dossier completo de adaptação foram submetidos ao Secretariado do WOCAT para incorporação à rede global de adaptações regionais, contribuindo para a internacionalização dos saberes agroecológicos quilombolas brasileiros em framework que garanta simultaneamente rigor científico e soberania epistêmica.

## Referências

- [1] R. Costanza, R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton, M. van den Belt, The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature* 387 (1997) 253–260. doi:10.1038/387253a0.
- [2] V. H. Dale, S. C. Beyeler, Challenges in the development and use of ecological indicators, *Ecological Indicators* 1 (1) (2001) 3–10.
- [3] F. Berkes, *Sacred Ecology*, 4th Edition, Routledge, New York, 2017.
- [4] V. M. Toledo, N. Barrera-Bassols, *La Memoria Biocultural: La Importancia Ecológica de las Sabidurías Tradicionales*, Icaria, Barcelona, 2008.
- [5] D. Niemeijer, R. S. de Groot, A conceptual framework for selecting environmental indicator sets, *Ecological Indicators* 8 (1) (2008) 14–25.
- [6] H. Liniger, G. Schwilch, M. Gurtner, R. Mekdaschi Studer, C. Hauert, G. van Lynden, W. Critchley, WOCAT: Questionnaire on sustainable land management (SLM) technologies, in: *WOCAT Global SLM Database*, CDE, University of Bern, Bern, Switzerland, 2019, version 2019. Available at: <https://www.wocat.net>.
- [7] G. Schwilch, F. Bachmann, H. Liniger, Appraising and selecting conservation measures to mitigate desertification and land degradation based on stakeholder participation and global best practices, *Land Degradation & Development* 23 (2) (2012) 160–174. doi:10.1002/ldr.1069.
- [8] M. Herdman, J. Fox-Rushby, X. Badia, A model of equivalence in the cultural adaptation of HRQoL instruments: the universalist approach, *Quality of Life Research* 8 (4) (1999) 323–335. doi:10.1023/A:1008866418851.
- [9] S. Rist, F. Dahdouh-Guebas, Ethnoscience – a step towards the integration of scientific and indigenous forms of knowledge in the management of natural resources for the future, *Environment, Development and Sustainability* 8 (2006) 467–493. doi:10.1007/s10668-006-9050-7.
- [10] C. L. Quave, A. Pieroni, A reservoir of ethnobotanical knowledge informs resilient food security and health strategies in the Balkans, *Nature Plants* 1 (2015) 14021. doi:10.1038/nplants.2014.21.
- [11] A. W. B. d. Almeida, *Quilombolas e novas etnias*, Editora da Universidade Estadual do Amazonas, Manaus, 2011.
- [12] B. d. Santos, *Renovar a Teoria Crítica e Reinventar a Emancipação Social*, Boitempo, São Paulo, 2007.
- [13] F. Guillemin, C. Bombardier, D. Beaton, Cross-cultural adaptation of health-related quality of life measures: literature review and proposed guidelines, *Journal of Clinical Epidemiology* 46 (12) (1993) 1417–1432. doi:10.1016/0895-4356(93)90142-N.
- [14] L. Edvinsson, M. S. Malone, *Intellectual Capital: Realizing Your Company's True Value by Finding Its Hidden Brainpower*, HarperBusiness, New York, 1997.
- [15] J. Barney, Firm resources and sustained competitive advantage, *Journal of Management* 17 (1) (1991) 99–120. doi:10.1177/014920639101700108.
- [16] M. Polanyi, *The Tacit Dimension*, Doubleday, Garden City, NY, 1966.
- [17] D. E. Beaton, C. Bombardier, F. Guillemin, M. B. Ferraz, Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures, *Spine* 25 (24) (2000) 3186–3191.
- [18] K. L. Pike, Etic and emic standpoints for the description of behavior, *Language and Thought* (1967) 28–36In: D.C. Hildrum (Ed.).
- [19] I. Nonaka, H. Takeuchi, *The Knowledge-Creating Company*, Oxford University Press, New York, 1995.
- [20] E. Smeets, R. Weterings, Environmental indicators: Typology and overview, *EEA Technical Report* 25 (1999) 1–19, european Environment Agency, Copenhagen.
- [21] H. A. Linstone, M. Turoff, *The Delphi Method: Techniques and Applications*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1975.
- [22] G. Rowe, G. Wright, The delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis, *International Journal of Forecasting* 15 (4) (1999) 353–375. doi:10.1016/S0169-2070(99)00018-7.
- [23] F. Hasson, S. Keeney, H. McKenna, Research guidelines for the Delphi survey technique, *Journal of Advanced Nursing* 32 (4) (2000) 1008–1015. doi:10.1046/j.1365-2648.2000.t01-1-01567.x.

- [24] R. C. Schmidt, Managing Delphi surveys using nonparametric statistical techniques, *Decision Sciences* 28 (3) (1997) 763–774. doi:10.1111/j.1540-5915.1997.tb01330.x.
- [25] H. A. von der Gracht, Consensus measurement in Delphi studies: Review and implications for future quality assurance, *Technological Forecasting and Social Change* 79 (8) (2012) 1525–1536. doi:10.1016/j.techfore.2012.04.013.
- [26] R. A. Hernández-Nieto, Contribuciones al análisis estadístico, Universidad de los Andes/IESINFO, Mérida, Venezuela, 2002.
- [27] E. Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- [28] M. A. Altieri, *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*, 2nd Edition, Westview Press, Boulder, CO, 1995.
- [29] International Organization for Standardization, ISO 30401:2018 – knowledge management systems – requirements, geneva: ISO (2018).
- [30] W. M. Cohen, D. A. Levinthal, Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation, *Administrative Science Quarterly* 35 (1) (1990) 128–152. doi:10.2307/2393553.
- [31] J. W. Creswell, J. D. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 5th Edition, SAGE Publications, Thousand Oaks, CA, 2018.
- [32] International Test Commission, ITC guidelines for translating and adapting tests (second edition), available at: <https://www.intest.com.org/> (2017).
- [33] J. L. Fleiss, Measuring nominal scale agreement among many raters, *Psychological Bulletin* 76 (5) (1971) 378–382. doi:10.1037/h0031619.
- [34] G. B. Willis, *Cognitive Interviewing: A Tool for Improving Questionnaire Design*, Sage Publications, Thousand Oaks, CA, 2005.
- [35] M. Q. Patton, *Qualitative Research & Evaluation Methods*, 4th Edition, SAGE Publications, Thousand Oaks, CA, 2015.
- [36] V. Braun, V. Clarke, Using thematic analysis in psychology, *Qualitative Research in Psychology* 3 (2) (2006) 77–101. doi:10.1191/1478088706qp063oa.
- [37] R Core Team, *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (2024). URL <https://www.R-project.org/>
- [38] M. D. Morris, Factorial sampling plans for preliminary computational experiments, *Technometrics* 33 (2) (1991) 161–174.
- [39] F. Campolongo, J. Cariboni, A. Saltelli, An effective screening design for sensitivity analysis of large models, *Environmental Modelling & Software* 22 (10) (2007) 1509–1518.
- [40] B. G. Glaser, A. L. Strauss, *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*, Aldine, Chicago, 1967.
- [41] J. Tidd, J. R. Bessant, K. Pavitt, *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Chichester, 2005.
- [42] B. Lev, *Intangibles: Management, Measurement, and Reporting*, Brookings Institution Press, Washington, DC, 2001.
- [43] G. Belletti, A. Marescotti, J.-M. Touzard, Geographical indications, public goods, and sustainable development: The roles of actors' strategies and public policies, *World Development* 98 (2017) 45–57. doi:10.1016/j.worlddev.2015.05.004.
- [44] D. J. Teece, Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy, *Research Policy* 15 (6) (1986) 285–305. doi:10.1016/0048-7333(86)90027-2.
- [45] International Organization for Standardization, ISO 56005:2020 – innovation management – tools and methods for intellectual property management – guidance, geneva: ISO (2020).