

METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO COMO FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE CULTIVO DE MILHO

José Humberto Valadares Xavier¹

Mário Conill Gomes²

Flávio Sacco dos Anjos³

Suênia Cibeli Ramos de Almeida⁴

Marcelo Nascimento de Oliveira⁵

Eric Scopel⁶

Marc Corbeels⁷

Artur Gustavo Muller⁸

RESUMO

Adequar-se aos princípios do desenvolvimento sustentável é um dos grandes desafios da pesquisa agropecuária em termos da geração e adaptação de tecnologias que garantam rentabilidade econômica aos estabelecimentos rurais e, ao mesmo tempo, que reduzam os impactos ambientais. No entanto, para os agricultores, a escolha de tecnologias é uma decisão complexa, que visa atender a diversos e, muitas vezes, conflitantes objetivos. Para

¹ Engenheiro-agrônomo, Doutor em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, pesquisador da Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Rodovia Brasília-Fortaleza, Caixa Postal nº 8223, CEP 73301-970 Planaltina, DF. jose-humberto.xavier@embrapa.br

² Engenheiro-agrônomo, Doutor em Engenharia de Produção, professor do Departamento de Ciências Sociais Agrárias da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Campus Universitário s/n, Caixa Postal nº 354, CEP 96001-970 Pelotas, RS. mconill@gmail.com

³ Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agroecologia, Sociología y Estudios Campesinos, professor do Departamento de Ciências Sociais Agrárias da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (UFPel). fsacco2000@yahoo.com.br

⁴ Engenheira-agrônoma, Mestre em Extensão Rural, analista do Departamento de Transferência de Tecnologia da Embrapa, Embrapa Sede, Parque Estação Biológica – PqEB s/n, CEP 70770-901 Brasília, DF. suenia.almeida@embrapa.br

⁵ Engenheiro-agrônomo, Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Cerrados. marcelo.nascimento-oliveira@embrapa.br

⁶ Engenheiro-agrônomo, Doutor em Chaire d’Agronomie, pesquisador do Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad), Av. Du Val de Montferrand, 34000, Montpellier. eric.scopel@cirad.fr

⁷ Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia, pesquisador do Cirad. marc.corbeels@cirad.fr

⁸ Engenheiro-agrônomo, Doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados. artur.muller@embrapa.br

sugerir propostas viáveis e sustentáveis, é fundamental compreender os critérios que norteiam as decisões dos agricultores para avaliar as tecnologias sugeridas. Neste artigo, pretende-se explorar o potencial da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) na análise de sistemas de cultivo de milho-grão em sequeiro no contexto das explorações familiares, com base em um modelo multicritério construído com assentados de reforma agrária do Município de Unaí, MG. A MCDA permitiu organizar um robusto conjunto de critérios quantitativos e qualitativos para analisar sistemas de cultivo e demonstrou que a avaliação dos agricultores é de escopo mais amplo que aquela baseada na produtividade, normalmente considerada o principal critério de avaliação de tecnologias.

Termos para indexação: agricultura familiar, avaliação de tecnologia, MCDA.

MULTICRITERIA DECISION AID METHODOLOGY AS A TOOL FOR EVALUATION OF MAIZE CROPPING SYSTEMS

ABSTRACT

Conforming to the principles of sustainable development is one of the great challenges of agricultural research when designing and adapting technologies that guarantee at the same time economic profitability to rural settlements and lower negative environmental impacts. However, for farmers, the choice of technologies is a complex decision that seeks to meet several and, many times, conflicting objectives. In order to develop viable and sustainable proposals, it is fundamental to understand the criteria that guide the farmers' decisions to evaluate the proposed technologies. The objective of this paper is to explore the potential of Multicriteria Decision Aid (MCDA) in the analysis of maize-based cropping systems (dryland farming of grain maize) for family farms based on a multicriteria model developed with agrarian reform settlers of the municipal district of Unaí, state of MG, Brazil. The MCDA allowed to systematize a robust set of quantitative and qualitative criteria for the analysis of the cropping systems and showed that the farmers' evaluation is of wider scope than that based on productivity, which is the one usually considered as the main criterion of technology evaluation.

Index terms: family farming, MCDA, technology evaluation.

INTRODUÇÃO

Adequar-se aos princípios do desenvolvimento sustentável – viabilidade econômica, prudência ecológica e inclusão social (SACHS, 2000) – é um dos grandes desafios das instituições de apoio ao desenvolvimento. Em relação à pesquisa agropecuária, esse desafio pode ser traduzido na busca por tecnologias que garantam rentabilidade econômica aos estabelecimentos rurais, ao mesmo tempo em que reduzam os impactos ambientais e promovam

os aspectos sociais. Contudo, esses objetivos são muitas vezes conflitantes, sua importância relativa varia de acordo com os interessados, e a avaliação pode variar ao longo do tempo. O papel da ciência é justamente alimentar com informações o debate em torno de sistemas de produção sustentáveis e seus respectivos desempenhos em associação aos objetivos relacionados à sustentabilidade (DOGLIOTTI et al., 2003; RIPOCHE et al., 2010). Esse tipo de visão deve substituir a tradicional avaliação do desempenho de sistemas produtivos baseada em análise da produtividade, principalmente, dos fatores terra e trabalho (GOMES et al., 2008).

Sadok et al. (2007) destacam que tem aumentado a demanda por parte dos produtores e dos formuladores de políticas em relação a avaliações de sustentabilidade de sistemas de produção, com destaque para dois aspectos: a) abordagens *ex-ante* que permitam avaliar e determinar de maneira rápida alternativas promissoras; e b) a avaliação da sustentabilidade em escalas ainda pouco estudadas, como é o caso do sistema de cultivo⁹.

Muitos esforços têm sido feitos para desenvolver modelos biofísicos que sintetizem os conhecimentos em termos fisiológicos, ecofisiológicos e agrônomicos no nível do campo. Contudo, muitos desses modelos falharam na transposição de seus resultados para agricultores e técnicos da extensão rural. Isso levou à tentativa de modelos que relacionassem a abordagem biofísica com a decisória num único modelo operacional (BERGEZ et al., 2010; LOYCE; WÉRY, 2006).

Do ponto de vista da comparação e escolha de alternativas técnicas, como sistemas de cultivo, alguns podem apresentar bons resultados para determinados indicadores e ser menos satisfatórios em outros. Integrar a informação oriunda de todos os indicadores é, frequentemente, a maneira usada para selecionar os sistemas mais apropriados. Esse processo normalmente define um problema decisório que pode ser tratado pelo enfoque multicritério de apoio à decisão (MCDA) (BERGEZ et al., 2010, LOYCE; WERY, 2006).

As metodologias multicritério de apoio à decisão inserem-se no quadro da pesquisa operacional (PO). A PO é uma teoria de decisão aplicada que

⁹ O sistema de cultivo consiste no conjunto de práticas de manejo aplicado a uma área agrícola uniformemente trabalhada, que pode ser uma lavoura, uma parte de uma lavoura ou um conjunto de lavouras (SEBILLOTE, 1990).

requer o uso de meios científicos, matemáticos ou lógicos para estruturar e resolver problemas, e é crucial à construção de modelos decisoriais adequados (MILLER; STARR, 1970; ROY, 1993). De maneira geral, um modelo é uma representação simplificada da realidade. Segundo Ensslin et al. (2001), na PO esses modelos podem ser quantitativos de matemática financeira, sistemas dinâmicos, árvores de decisão, programação linear, ou, ainda, modelos qualitativos, como os mapas cognitivos.

Segundo Romero (1993), a análise multicritério pode ser encarada como uma verdadeira revolução no campo da teoria da decisão ao sustentar que os agentes econômicos não otimizam suas decisões com base em um único objetivo; ao contrário, eles pretendem buscar um equilíbrio ou compromisso entre um conjunto de objetivos, normalmente em conflito.

É nesse contexto que as metodologias multicritério de apoio à decisão (MCDA – *Multicriteria Decision Aid*, na literatura inglesa) são promissoras como ferramentas para aumentar a compreensão sobre o processo decisório relacionado à produção agrícola, e para auxiliar na geração de propostas que sejam consideradas adaptadas em relação aos valores e à percepção dos agricultores.

A MCDA fundamenta-se no construtivismo, ou seja, na noção de que a realidade é produzida por quem a observa, isto é, ela é socialmente construída (RÖLING, 1996). Nessa perspectiva, o pressuposto básico da MCDA é reconhecer a importância da subjetividade dos decisores, ou seja, que não é possível excluir do processo de decisão (e de apoio à decisão) os aspectos subjetivos (isto é, relativos ao sujeito) do decisor, tais como: seus valores, seus objetivos, seus preconceitos, sua cultura, sua intuição (ROY; VENDERPOOTEN, 1996). Assim, os atores envolvidos nas decisões devem participar na definição do problema a ser resolvido, na construção do modelo de avaliação de alternativas e nos critérios de avaliação dessas alternativas. E devem ser apoiados nesse processo por meio de procedimentos formais (ENSSLIN et al., 2001).

Na literatura, há um amplo número de métodos com essa abordagem, mas há poucas aplicações aos problemas da agricultura, de maneira geral, e aos sistemas de cultivo em particular (BERGEZ et al., 2010, SADOK et al., 2007). Essas aplicações se associaram à avaliação de sistemas de produção (MAZZETTO; BONERA, 2003; GOMES et al., 2008); à seleção e planejamento de sistemas de cultivo (LOYCE et al., 2002); a um elemento

dos sistemas de cultivo, como a escolha de cultivares (MASTRANTONIO et al., 2007); ou ainda a determinados aspectos ambientais, como o impacto das práticas agrícolas na qualidade da água (ARONDEL; GIRARDIN, 2000).

Em grande parte desses trabalhos, no entanto, a incorporação da subjetividade dos agricultores foi apenas parcial. De maneira geral, os critérios foram definidos previamente pelos agentes de pesquisa, com base no conhecimento científico, e, posteriormente, a percepção dos agricultores foi agregada para definir limites de valores a serem assumidos pelos critérios e/ou os pesos relativos dos critérios.

Ao considerarem outros aspectos que não apenas a produtividade para avaliar tecnologias, sem dúvida, esses trabalhos contribuíram para a identificação de alternativas promissoras. Contudo, o fato de incorporarem a visão dos agricultores apenas após a definição dos critérios pode resultar na perda de aspectos importantes a serem considerados na análise do problema e da avaliação de alternativas. Neste artigo, pretende-se explorar o potencial da MCDA na análise de sistemas de cultivo de milho-grão em sequeiro no contexto das explorações familiares, com base em um modelo multicritério construído com assentados de reforma agrária do Município de Unaí, MG.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo foi desenvolvido em Unaí, MG (latitude 16,35194° e longitude 46,90056°), que possui 8.438 km², está situado na porção noroeste de Minas Gerais e apresenta características representativas da região dos Cerrados. Um aspecto marcante do município é a forte concentração de assentamentos de reforma agrária. No ano de 2001, havia 21 assentamentos rurais, abrangendo uma área de 60.773 ha e beneficiando 1.621 famílias (SILVA, 2001). O assentamento estudado foi oficialmente criado em 1992, possui 5.280 hectares, dista 60 km da sede do município e beneficia 80 famílias.

O método de trabalho proposto aos agricultores para compreender o papel da produção de milho nas explorações e os principais aspectos considerados para a avaliação de sistemas de cultivo foi dividido em duas fases: a) caracterização do assentamento e da produção de milho; e b) construção de

um modelo multicritério para identificar os aspectos relevantes na avaliação da produção desse cultivo.

Na primeira fase, foram realizadas entrevistas com as famílias do assentamento durante os meses de agosto e setembro de 2008, referindo-se ao ano agrícola 2007-2008. Para isso, foi elaborado um questionário com questões relacionadas à infraestrutura, à família e ao processo produtivo, o qual foi dividido em três partes: (1) antecedentes; (2) situação atual; e (3) perspectivas para o futuro. Foram entrevistadas 71 famílias, o que representou um universo correspondente a 88,7% do assentamento. Segundo procedimentos apresentados por Barbetta (2002) para cálculo de amostragem de populações, esse número representou uma amostra com erro tolerável de 3,9%. Os dados e informações colhidos foram sistematizados no software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS).

Realizou-se uma análise de grupamentos para identificar os principais tipos de explorações existentes. As principais variáveis usadas para construir essa tipologia foram a participação de cada atividade/produto (pecuária, agricultura, transformação de produtos, atividades não agrícolas, rendas não agrícolas) nos ingressos monetários da exploração, o tamanho do rebanho, a produção de leite e a área de lavouras. Igualmente, foi elaborada uma tipologia de sistemas de cultivo do milho por meio do agrupamento de lavouras com práticas semelhantes em relação às seguintes variáveis:

- Forma de preparo de solo: sem preparo, manual, tração animal, tração mecanizada.
- Forma de plantio: manual (enxada), matraca, tração animal, mecanizada.
- Realização de adubação de plantio e/ou cobertura.
- Tipo de capina: manual (enxada), tração animal, química (herbicida), mecânica.
- Colheita: manual, mecânica.

Essas informações foram restituídas aos agricultores por meio de uma reunião. Nela, confirmaram-se a importância do milho e o desejo deles de melhorar o desempenho do cultivo. Propôs-se, então, a construção do modelo multicritério com o objetivo de auxiliar a análise de sistemas de cultivo. Para

isso, foi formado, com base nas informações das entrevistas, um grupo de três agricultores representativos dos tipos de exploração com maior frequência no assentamento. O objetivo era o de possibilitar que o modelo agregasse as percepções da maior parte dos agricultores do assentamento.

Especificamente para a construção do modelo, foi utilizado o método descrito por Ensslin et al. (2001), que compreendeu a realização de dez reuniões e entrevistas com esse grupo, distribuídas em três fases: estruturação (quatro reuniões); avaliação (três reuniões); e elaboração de recomendações (três reuniões). As reuniões/entrevistas foram gravadas com prévio consentimento dos participantes, com o objetivo de consolidar uma memória do processo a ser utilizada nas diversas fases de construção do modelo, evitando a perda de informações importantes.

Fase de estruturação: identificação do contexto decisório e estruturação do problema

Nesta fase, foram identificados os decisores, ou seja, os atores envolvidos na decisão que deveriam participar de maneira ativa na construção do modelo; o tipo de ação que seria avaliada (problemática de referência); e, por fim, que tipo de avaliação seria feita com o modelo.

O interesse desse estudo foi o de identificar os principais critérios empregados pelos agricultores ao selecionarem sistemas de cultivo de milho. Dessa forma, a problemática de referência predominante se relacionou à problemática da escolha ($P.\alpha$), que consiste na seleção, entre um conjunto de ações potenciais, daquelas consideradas mais adequadas de acordo com os sistemas de valores dos decisores.

O objetivo final da fase de estruturação foi o de organizar o conhecimento dos agricultores sobre as dimensões de avaliação relevantes, chamadas de Pontos de Vista Fundamentais (PVFs), compondo uma estrutura arborescente. Para isso, foram combinadas duas técnicas: a) o mapeamento cognitivo (EDEN et al., 1988); e b) o enquadramento do contexto decisional (KEENEY, 1992).

Essa combinação de técnicas, no contexto do apoio à decisão, tem sido objeto de alguns estudos aplicados ao meio rural. No que diz respeito à produção agrícola, podem ser destacados estudos que se associaram à escolha de variedades para o cultivo de arroz (COSTA, 1996), à avaliação de indicadores de gestão sustentável dos recursos florestais (MENDOZA;

PRABHU, 2003) e à proposição de melhoria de desempenho para organizações de produtores (PASTRO, 2008). Outros trabalhos, como Gomes (2001), abordaram a melhoria de desempenho de agroindústrias. Destaca-se ainda o trabalho de Martins et al. (2011), que empregaram a combinação mapeamento cognitivo e enquadramento decisional para avaliar o potencial de negociação de tecnologias geradas pela pesquisa agropecuária.

Um mapa cognitivo é um conjunto de conceitos conectados de forma hierárquica por relações de influência do tipo meio-fim. A construção do mapa teve início com a definição do “rótulo” do problema, ou seja, com uma descrição sintética e precisa da situação analisada. Na concepção adotada, um problema é definido como uma situação que se deseja alterar, mas não há muita segurança de como obter essa alteração (EDEN et al., 1988). O grupo definiu o problema a ser trabalhado na forma da seguinte pergunta: quais aspectos devem ser levados em conta para avaliar as formas de produzir milho?

Após a definição do rótulo para o problema, o primeiro passo foi identificar os Elementos Primários de Avaliação (EPAs), que são as primeiras respostas ao problema formulado, obtidas por técnica de *brainstorming*. No segundo passo, transformaram-se os EPAs em conceitos. Um conceito é a ideia do EPA orientada à ação, sendo expresso por dois polos opostos entre si no significado psicológico. Em seguida, a hierarquia de conceitos foi expandida pela identificação de novos conceitos e da relação de causalidade (meio-fim) entre eles, ou seja, o sistema de argumentação entre os conceitos na visão dos agricultores. A cada reunião/entrevista, o mapa foi sendo complementado e ajustado, e sua construção foi encerrada quando os agricultores começaram a repetir conceitos com palavras diferentes ou se desviaram demasiadamente do foco do problema analisado.

A transição da estrutura de mapa cognitivo para a estrutura do modelo (estrutura arborescente) foi feita por meio da identificação dos pontos de vista fundamentais (PVFs) para avaliação, tendo-se empregado a técnica do enquadramento com base no significado dos conceitos e nas relações entre eles. Para isso, foram identificadas linhas de argumentação, que são sequências de conceitos que partem de conceitos-rabo do mapa (dos quais só saem ligações) até conceitos-cabeça (aos quais só chegam ligações). Um conjunto de linhas de argumentação, com uma temática comum, gerou um ramo. Um conjunto de

ramos, com uma temática comum, gerou um *cluster*. Cada *cluster* representou a ideia de um Ponto de Vista Fundamental (PVF).

Os agricultores, com o apoio dos pesquisadores, definiram os PVFs, tendo considerado duas características: serem aspectos essenciais na visão deles para analisar a produção de milho e, ao mesmo tempo, serem controlados ou influenciados apenas pelas formas de produção de milho (sistemas de cultivo).

Fase de avaliação

Nessa fase, os PVFs foram operacionalizados por meio da construção de critérios para que, sobre eles, fosse possível identificar o impacto de qualquer ação (nesse caso, sistemas de cultivo) a ser considerada. Todos os critérios do modelo foram construídos tomando como base uma lavoura de um hectare. Um critério é definido como uma função matemática que mede o desempenho de ações potenciais, de acordo com o aspecto considerado por um decisor ou grupo de decisores. Na construção de um critério, duas ferramentas são necessárias: um descritor e uma função de valor associada a tal descritor. Um descritor é definido como um conjunto de níveis de impacto, organizados em uma escala de ordem decrescente de preferência, de tal forma que o impacto medido seja estabelecido de forma não ambígua.

Em cada PVF foi seguido o mesmo procedimento. Eles foram decompostos em pontos de vista elementares (PVEs) em virtude do elevado número de aspectos a serem avaliados em cada um deles. Os critérios foram construídos sobre os PVEs. Foi especificado com os agricultores um descritor para o PVE e solicitou-se que fossem definidos os níveis de impacto mínimo e máximo do descritor. O nível mínimo deveria representar a situação menos desejável, mas possível de ocorrer. O nível máximo, ao contrário, deveria representar a situação mais desejada, mas não idealizada, o que dificultaria sua ocorrência. Em seguida, foram determinados os níveis intermediários do descritor e estabelecidos os níveis *Bom* e *Neutro*, isto é, aqueles que delimitavam a região dentro das expectativas dos agricultores.

Após a definição dos níveis de impacto do descritor, foram construídas funções de valor locais associadas a cada nível, tendo-se utilizado o método *Direct Rating* descrito em Beinart (1995). Para isso, estabeleceram-se os valores zero e 100, respectivamente, para os níveis mínimo e máximo do

descritor e solicitou-se aos agricultores, com base na comparação entre os diversos níveis, que definissem os valores de preferência para os outros níveis.

O passo seguinte à estimação das funções de valor locais foi transformar as escalas de todos os critérios de avaliação de forma a fixar o zero da escala no nível *Neutro* e o valor 100 no nível *Bom*. Após esse procedimento, cada PVE foi reconhecido como um subcritério de avaliação, que fazia parte de um critério definido pelo respectivo PVF.

Esses subcritérios, por sua vez, foram agregados em uma função de valor global aditiva, utilizando-se taxas de compensação que foram obtidas com base nas preferências comparativas dos decisores em cada PVF. A razão entre duas taxas de compensação mostra a disposição dos decisores para compensar perdas em um critério com ganhos em outro, ou vice-versa. Para a obtenção das taxas de compensação, empregou-se o método *Swing Weights*, como utilizado em Gomes (2001). Esse método foi escolhido em virtude das vantagens ressaltadas por Esslin et al. (2001), especialmente de sua rapidez e simplicidade de procedimento, inclusive sem a necessidade de preordenar preferencialmente os critérios. Essas características propiciam que o *Swing Weights* seja de entendimento fácil e adequado ao público com o qual se estava trabalhando.

Operacionalmente, sugeriu-se uma forma hipotética de produzir milho que tivesse impacto em todos os critérios no nível *Neutro*. Solicitou-se, então, inicialmente em cada PVF e posteriormente entre PVFs, que os agricultores escolhessem um critério a ser alterado para o nível *Bom* em primeiro lugar. Para esse “salto” foi estabelecida uma pontuação igual a 100, que correspondeu à taxa de compensação bruta do critério. O procedimento foi repetido considerando o critério a ser elevado do nível *Neutro* para o *Bom* em segundo lugar, em terceiro lugar e assim por diante. Simultaneamente, questionou-se aos agricultores a respeito da pontuação relativa dos demais saltos em relação ao primeiro: se a pontuação atribuída à passagem do *Neutro* para o *Bom* no primeiro critério foi de 100 pontos, qual deveria ser a pontuação do salto para o segundo critério? Esse procedimento foi repetido até que todos os critérios foram avaliados. Todas as taxas obtidas foram normalizadas, tendo-se dividido cada taxa bruta pela soma delas, e tendo-se fornecido, portanto, resultados que variavam entre zero e um.

O modelo utilizado para a agregação das funções de valor local foi o aditivo, por ser o mais comumente usado. Formalmente ele é definido da seguinte maneira:

$$V(a) = v_1(a) \times w_1 + v_2(a) \times w_2 + \dots + v_n(a) \times w_n$$
$$\sum_i^n w_i = 1$$
$$1 > w_i > 0 \quad \forall i$$

Em que:

a é uma ação qualquer pertencente ao conjunto A de ações potenciais.

$V(a)$ é o valor global de a .

$v_i(a)$ é o valor local (parcial) da ação a segundo o critério i .

w_i são as taxas de compensação do i -ésimo critério.

Fase de elaboração de recomendações

Os resultados obtidos na fase anterior foram compilados e apresentados para validação pelo grupo de agricultores. Para isso, o modelo foi estruturado, tendo-se empregado uma planilha no software Excel. Solicitou-se que um dos agricultores apresentasse o sistema de cultivo empregado no ano agrícola anterior utilizando o modelo. Posteriormente, os agricultores foram questionados sobre quais mudanças eles gostariam de fazer, visando à melhoria de satisfação. Esse novo sistema foi analisado mediante uso do modelo, e os resultados foram debatidos com os agricultores. Essa discussão permitiu o ajuste das taxas de compensação do modelo de modo que os agricultores ficassem satisfeitos com os resultados no que se refere a representar suas preferências. Finalmente, foi marcada uma reunião com os agricultores do assentamento para restituir o trabalho e verificar até que ponto eles se reconheciam no modelo construído pelo grupo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O milho foi plantado por 71,8% dos agricultores do assentamento. Em relação às políticas públicas, eles foram contemplados por um programa da prefeitura municipal, que forneceu gratuitamente 14 kg de semente de milho híbrido e duas horas de máquina para preparo de solo, tendo-se cobrado o valor equivalente a 15 litros de óleo diesel por hora. Não foi identificado uso de crédito oficial para o cultivo, embora eles acessassem o crédito para a pecuária.

As lavouras eram conduzidas em áreas pequenas (média de 1,76 ha, e cerca de 40% delas possuíam até um hectare) com emprego majoritário da mão de obra familiar. A parcela mais significativa da produção estava orientada à alimentação de suínos e aves, que eram em grande parte consumidos pelas famílias (XAVIER et al., 2010). Dessa forma, o milho tinha o papel preponderante de suporte ao autoconsumo.

Identificou-se uma diversidade de sistemas de cultivo (SC). As diferenças entre eles se relacionaram principalmente às formas de plantio, ao uso de adubação e ao controle das plantas daninhas. Poucos agricultores usaram a tração animal para o plantio e/ou para o preparo de solo. A adubação química foi empregada na maior parte das lavouras, embora as quantidades médias tenham sido pequenas (Tabela 1).

Foram identificados dois grandes grupos de sistemas de cultivo. O primeiro (Grupo 2) representou 58,3% das lavouras e caracterizou-se pelo elevado grau de emprego da força de trabalho, pois apenas o preparo de solo foi realizado mecanicamente. O segundo (Grupo 4) representou 27,8% das lavouras e caracterizou-se pela maior utilização de mecanização e insumos (Tabela 1). A distribuição dos SC nesses grupos indica também possíveis diferenças nos sistemas de preferências dos agricultores, embora situados no mesmo assentamento.

As produtividades dos grupos de sistemas de cultivo não apresentaram diferença no teste de Scheffé no nível de significância de 0,05, tendo-se mantido em torno da média geral, que foi de 2.012 kg/ha. Considerando-se que a quantidade média de milho destinada aos suínos e aves nos estabelecimentos onde houve plantio desse cultivo foi de 2.248 kg e que muitas áreas de lavouras eram inferiores a 1 hectare, percebeu-se que havia um déficit de produção

Tabela 1. Grupos de sistemas de cultivo de milho em grão encontrados em um assentamento de reforma agrária do Município de Unai, MG, no ano agrícola 2007-2008 ⁽¹⁾.

| Variáveis | Grupos de sistemas de cultivo | | | |
|---|--|--|--|--|
| | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 |
| Preparo de solo | Tração animal | Mecanizado (grade aradora) | Mecanizado (grade aradora) | Mecanizado (grade aradora) |
| Plantio | Manual (matraca) | Manual (matraca) | Tração animal (semeadora) | Mecanizado (semeadora) |
| Adubação (kg P ₂ O ₅ /ha) | Média: 18,1 DP ⁽²⁾ : 6,4 | Média: 25,7 DP: 17,1 | Média: 15,8 DP: 15,9 | Média: 45,8 DP: 24,0 |
| Tipo de capina | Manual e/ou tração animal | Manual e/ou tração animal ⁽³⁾ | Manual e/ou tração animal ⁽⁴⁾ | Manual e/ou tração animal e/ou herbicidas ⁽⁵⁾ |
| Colheita | Manual | Manual | Manual | Manual |
| Área (ha) | Média: 1,8 DP: 0,3 | Média: 1,6 DP: 1,3 | Média: 2,3 DP: 0,9 | Média: 1,5 DP: 0,9 |
| Produtividade (kg/ha) | Média: 1.933 DP: 961 | Média: 2.270 DP: 921 | Média: 2.380 DP: 532 | Média: 2.530 DP: 1.445 |
| Mão de obra (dias/ha) | Média: 31,1 DP: 12,0 | Média: 18,5 DP: 8,5 | Média: 21,6 DP: 8,1 | Média: 10,2 DP: 5,3 |
| Mecanização (horas/ha) | Média: 0,0 DP: - | Média: 2,4 DP: 1,1 | Média: 1,4 DP: 0,2 | Média: 4,1 DP: 2,0 |
| Número de entrevistados | 3 | 28 | 4 | 13 |
| Percentual de entrevistados | 6,3% | 58,3% | 8,3% | 27,1% |

⁽¹⁾ Não foram considerados dados dos sistemas de cultivo de 3 lavouras por estarem incompletos. Essa análise se refere às informações de 48 lavouras.

⁽²⁾ DP: desvio-padrão.

⁽³⁾ Cinco agricultores usaram herbicidas.

⁽⁴⁾ Um agricultor usou herbicidas.

⁽⁵⁾ Sete agricultores usaram herbicidas.

Fonte: dados da pesquisa.

para atender à demanda interna das explorações. Portanto, havia espaço para inovação técnica nesse cultivo, visando ao aumento da produtividade. No entanto – e isso é fundamental –, deviam ser consideradas as características dos agricultores e da produção de milho nessas explorações.

O mapa cognitivo construído com os agricultores (Figura 1), conforme apresentado na metodologia, possibilitou compreender as percepções sobre os aspectos relevantes da produção de milho por meio das relações meio-fim entre os conceitos do mapa. O conceito 37 – *Ficar animado com a forma de produzir milho [...] ficar desanimado* foi identificado como o único “conceito-cabeça”¹¹, isto é, aquele que revelava objetivos, fins, resultados ou valores mais fundamentais e, portanto, mais estratégicos para os decisores. Foram identificados 22 “conceitos-rabo”, que revelavam os meios, ações, alternativas ou opções por meio dos quais os objetivos mais estratégicos seriam atingidos. Segundo Montibeller (1996), um mapa como o da Figura 1, com apenas um “conceito-cabeça” e muitos “conceitos-rabo”, é considerado simples do ponto de vista cognitivo, demonstrando que o decisor consegue pensar sobre a situação utilizando um sistema simples de valores hierarquizados. Ademais, um mapa com maior número de “conceitos-cabeça” demonstra a preocupação em atender a múltiplos e, possivelmente, conflitantes objetivos.

Contudo, a simplicidade apresentada é apenas aparente. De fato, o conceito 37 foi considerado o objetivo mais estratégico para os agricultores, mas, para atingi-lo, deviam ser atendidos outros, que caracterizaram os *clusters* (áreas de interesse). Esses objetivos foram explicitados nos seguintes conceitos, que se encontram na parte superior do mapa (Figura 1):

- Conceito 36 - Ter o gasto com a lavoura menor que o valor da produção (ter sobra) [...] não ter sobra.
- Conceito 39 - Não ter que comprar milho [...] ter que comprar.

¹⁰ [...] é lido como “ao invés de”. A parte que antecede [...] é chamada de polo presente, e a parte que vem depois é chamada de polo oposto – elas constituem a estrutura do conceito. Para uma discussão mais elaborada, consultar Ensslin et al. (2001).

¹¹ Operacionalmente, os “conceitos-cabeça” são aqueles que apenas recebem flechas, enquanto os “conceitos-rabo” são aqueles dos quais apenas saem flechas (ENSSLIN et al., 2001; MONTIBELLER, 1996).

- Conceito 67 - Ficar satisfeito com o trabalho para produzir milho [...] ficar insatisfeito.
- Conceito 13 - Não prejudicar o meio ambiente [...] prejudicar.
- Conceito 51 - Produzir milho sem prejudicar a saúde [...] produzir prejudicando a saúde.
- Conceito 56 - Jeito de produzir milho não ser arriscado [...] ser arriscado.

Dessa forma, os objetivos dos agricultores foram sintetizados na busca por sistemas de cultivo que possibilitassem uma quantidade de milho (produção) – evitando, assim, a compra –, ao mesmo tempo em que não sobrecarregassem os custos nem o trabalho, não prejudicassem o meio ambiente e a saúde, e apresentassem um risco tolerável.

A análise do mapa cognitivo também permitiu identificar “nó-dilemas”, isto é, um conceito que, ao mesmo tempo, influenciava positivamente um conceito-fim e negativamente outro. Por exemplo, o conceito 8 - *Cair pouco adubo [...] cair a quantidade adequada* influenciava positivamente o conceito 23 - *Fazer uma adubação barata [...] adubação cara* e negativamente o conceito 29 - *Fazer uma boa adubação [...] adubação ruim* (Figura 1). Segundo Ensslin et al. (2001), problemas desse tipo são típicos do dia a dia e podem ser adequadamente tratados pelas metodologias multicritério. Além disso, o mapa explicitou os juízos de valor dos agricultores associados aos aspectos relevantes para a produção de milho. No exemplo acima, caso os conceitos venham a configurar critérios de avaliação, a definição precisa do que vem a ser uma boa adubação ou uma adubação barata para os agricultores deverá ser esclarecida, conforme será mostrado adiante.

Os pontos de vista fundamentais e elementares de avaliação (PVFs e PVEs) identificados após o enquadramento dos ramos do mapa cognitivo foram agrupados de acordo com os *clusters* identificados (custos, produção, trabalho, saúde e meio ambiente e riscos) e encontram-se na Tabela 2. Para serem consideradas uma família de pontos de vista fundamentais, segundo Keeney (1992), as seguintes propriedades, que garantem coerência ao processo de modelagem, precisam ser minimamente atendidas:

- Essenciabilidade: todos os pontos de vista devem estar relacionados ao contexto decisional e ser considerados importantes pelo decisor.

- **Controlabilidade:** o conjunto de pontos de vista deve ser influenciado apenas pelas ações consideradas no contexto decisional.
- **Completude:** o conjunto dos pontos de vista deve conter todos os aspectos considerados importantes.
- **Mensurabilidade:** o conjunto de pontos de vista deve permitir a diferenciação das ações de forma clara e não ambígua.
- **Operacionabilidade:** é preciso ser possível obter as informações para a mensuração das diversas ações.

Tabela 2. Pontos de vista fundamentais (PVFs) e elementares (PVEs) de avaliação associados à produção de milho em grão em um assentamento de reforma agrária.

| Pontos de vista fundamentais (PVFs) | Pontos de vista elementares (PVEs) |
|-------------------------------------|--|
| Custos | Custo com horas-máquina |
| | Custo com venenos |
| | Custo com mão de obra |
| | Custo com adubação |
| | Gastos adicionais |
| Produção | Correção de solo |
| | Qualidade do preparo de solo |
| | Qualidade do plantio |
| | Adubação de plantio (quantidade) |
| | Adubação de cobertura (quantidade) |
| | Infestação de plantas daninhas |
| Trabalho | Pragas |
| | Quantidade de trabalho |
| | Sofrimento do trabalho nas operações de plantio, capina e colheita |
| Saúde e meio ambiente | Quantidade de venenos aplicada |
| | Cuidados na aplicação de venenos |
| | Favorecimento de erosão |
| Risco | Dependência de maquinário alugado (terceiros) |
| | Confiança nas tecnologias |

Fonte: dados da pesquisa.

- Isolabilidade: deve ser possível decompor o efeito de cada ponto de vista de maneira isolada.
- Não redundante: o efeito de cada ponto de vista é contabilizado uma única vez.
- Concisão: o número de pontos de vista deve ser o menor possível.
- Compreensibilidade: todos os pontos de vista devem possuir um significado claro para o decisor.

Entre essas propriedades destaca-se a isolabilidade em virtude das consequências matemáticas para a modelagem proposta neste artigo. A isolabilidade garante que os pontos de vista sejam preferencialmente independentes e permite a utilização de um modelo de agregação aditivo. Para garantir a observação dessa propriedade, uma atenção especial foi dada em todos os passos da construção do modelo para a identificação de sinais de dependência preferencial.

Outro aspecto a destacar-se reside no foco de construção voltado para a articulação dos principais dilemas (*trade-offs*) do produtor. Isso garantiu uma família concisa de cinco pontos de vista fundamentais de acordo com a regra de Miller (MILLER, 1994), que prevê que em uma situação problemática, um decisor consegue articular *trade-offs* entre sete dimensões \pm duas.

É importante destacar ainda a não redundância da família de Pontos de Vista. Note-se, por exemplo, que os PVEs “Custo com adubação”, “Adubação de plantio (quantidade)” e “Adubação de cobertura (quantidade)” referem-se ao *trade-off* custo versus produção. Como será mostrado adiante, a unidade de medida desses descritores é diferente. O PVE “Custo com adubação” é medido em unidades monetárias e tem uma função de valor que mostra que quanto maior o valor do descritor, menor será sua função de valor. Por outro lado, os PVEs “Adubação de plantio (quantidade)” e “Adubação de cobertura (quantidade)” são vistos pelos decisores como diretamente associados à produção; são medidos em unidades físicas (SC); e têm uma função de valor que mostra que quanto maior o impacto no descritor, maior é a função de valor. Dessa forma, uma visão mais detida desses PVEs mostra que quanto mais adubo se utiliza, melhor é o posicionamento nos descritores “Adubação de plantio (quantidade)” e “Adubação de cobertura (quantidade)” e pior no descritor “Custo com adubação”, o que traduz o *trade-off* experimentado

pelos produtores. Isso possibilita que a articulação desse *trade-off* não viole a propriedade da não redundância.

Cada PVF foi detalhado em outros pontos de vista mais elementares (PVEs) que permitiram a sua operacionalização e mensuração, duas outras propriedades da família de pontos de vista, conforme Tabela 2. Ressalta-se o grande número de aspectos (PVEs) considerados pelos agricultores para analisar a satisfação com a forma de produzir milho. Isso permite inferir que a escolha das tecnologias a serem empregadas realmente não era uma tarefa trivial.

O PVF associado aos aspectos técnicos da produção foi o que teve maior número de PVEs. A produtividade, expressa no conceito *25- Ter uma boa produção [...] produção ruim* do mapa cognitivo (Figura 1), não foi selecionada como um PVE. O motivo é que ela, embora fosse um aspecto considerado essencial para o problema da escolha do sistema de cultivo, não apresentava a necessária controlabilidade. Isto é, não havia garantias de que a produtividade fosse influenciada apenas pelo sistema escolhido. De fato, sua importância foi refletida nos PVEs associados às técnicas empregadas no cultivo que acarretavam uma perspectiva de obter boas produções.

Em relação aos custos¹², não foi associado um PVE para as sementes, pois elas estavam sendo disponibilizadas gratuitamente por meio do programa da prefeitura. O fato de que agricultores familiares administram e conduzem as atividades manifestou-se nos PVEs associados ao trabalho, que consideraram tanto a quantidade quanto o sofrimento (termo usado pelos agricultores) para realizar as operações culturais. Foram identificados três PVEs para as questões ambientais e as preocupações com a saúde. Dois deles, “venenos” e “cuidados na aplicação de venenos”, se associaram à percepção dos agricultores sobre o dilema relacionado principalmente ao uso de herbicidas que, se por um lado permitia reduzir a carga de trabalho, por outro, evidenciou a noção sobre o perigo para o ambiente e a saúde. Finalmente, os agricultores caracterizaram os riscos como mais um PVF na avaliação de sistemas de cultivo. O risco de perda pelos veranicos no embonecamento foi associado à dependência de maquinário para preparo de solo (Tabela 2). Como o maquinário era alugado, o atraso na chegada comprometia e retardava todas as operações subsequentes. O outro PVE, “confiança nas tecnologias”, correspondia à ideia de que havia

¹² O termo “custos” foi usado de maneira geral, sem estar associado necessariamente a uma definição econômica, mas apenas à forma como os agricultores se expressaram.

sistemas de cultivo formados por tecnologias com as quais os agricultores estavam mais seguros em sua aplicação.

De maneira geral, os PVFs e PVEs contemplaram fatores já analisados em outros trabalhos sobre adoção de tecnologias e tomada de decisão: atingir objetivos não apenas econômicos e administrar os riscos (BACIC et al., 2006; GHADIM; PANNEL, 1999). Entretanto, o detalhamento em termos de critérios de avaliação no contexto desses fatores gerais dependerá das características e circunstâncias específicas dos agricultores. Em outras palavras, identificados os PVFs e PVEs, o desafio consistia em construir níveis de impacto e associar funções de valor em cada um deles, adaptando-os à situação local.

Os níveis de impacto e as funções de valor para o PVF “Custos” encontram-se na Tabela 3. De maneira geral, os critérios revelaram a limitação dos agricultores em relação à disponibilidade financeira para o cultivo e o fato de o milho ser destinado prioritariamente aos consumos internos na exploração e não à venda. Dessa forma, estava dentro das expectativas não gastar com itens, tais como venenos, mão de obra, adubação e gastos adicionais. Contudo, eles não vislumbraram a possibilidade de dispensar os gastos com maquinário para preparo de solo. Embora tivessem manifestado conhecimento sobre o sistema de plantio direto (mencionado no mapa cognitivo), em todos os sistemas de cultivo encontrados no assentamento houve uso de preparo de solo convencional.

No ponto de vista fundamental (PVF) “Produção” (Tabela 4), a expectativa dos agricultores englobou a realização da correção de solo mesmo que de forma incompleta, mas a maior satisfação estava associada a não ter que realizar tal operação ou fazê-la de acordo com a análise do solo. Destaca-se que esse aspecto se refere mais à situação da área onde o milho é plantado e não necessariamente às tecnologias integrantes de um determinado sistema de cultivo. Isso se relacionou ao conhecimento e à preocupação por parte dos agricultores sobre o fato de o milho ser exigente no que se refere à fertilidade do solo.

A qualidade do preparo de solo foi avaliada quanto à profundidade de trabalho e à presença de torrões na superfície. Esses aspectos foram associados aos implementos utilizados para a operação. As formas de preparo de solo que resultavam em maior possibilidade de presença de torrões situaram-se abaixo da expectativa dos agricultores. No entanto, aproximadamente 60% deles fizeram apenas uma operação de preparo de solo, e o implemento mais usado foi a grade aradora. Conforme Oliveira et al. (2009), esse tipo de

Tabela 3. Critérios de avaliação do ponto de vista fundamental (PVF) “Custos”: pontos de vista elementares (PVEs), respectivos descritores, níveis de impacto e funções de valor.

| PVE | Descrição | Níveis de impacto e descrição | Função de valor |
|-------------------------|--|---|-----------------|
| Custo com horas-máquina | Descreve o valor que os agricultores deverão gastar com máquinas para as operações de preparo de solo e plantio | N ₅ - O custo com horas-máquina totaliza R\$ 0,00 | 133 |
| | | N ₄ (Bom) - O custo com horas-máquina totaliza R\$ 75,00 | 100 |
| | | N ₃ (Neutro) - O custo com horas-máquina totaliza R\$ 150,00 | 0 |
| | | N ₂ - O custo com horas-máquina totaliza R\$ 225,00 | -133 |
| | | N ₁ - O custo com horas-máquina totaliza R\$ 300,00 ou mais | -200 |
| Custo com venenos | Descreve o valor que os agricultores deverão gastar com venenos durante todo o ciclo do milho | N ₅ (Bom) - O custo com venenos totaliza R\$ 0,00 | 100 |
| | | N ₄ - O custo com venenos totaliza R\$ 75,00 | 55 |
| | | N ₃ (Neutro) - O custo com venenos totaliza R\$ 150,00 | 0 |
| | | N ₂ - O custo com venenos totaliza R\$ 225,00 | -45 |
| | | N ₁ - O custo com venenos totaliza R\$ 300,00 ou mais | -82 |
| Custo com mão de obra | Descreve o valor que os agricultores deverão gastar com contratação de mão de obra durante todo o ciclo do milho | N ₅ (Bom) - O custo com mão de obra totaliza R\$ 0,00 | 100 |
| | | N ₄ - O custo com mão de obra totaliza R\$ 25,00 | 44 |
| | | N ₃ (Neutro) - O custo com mão de obra totaliza R\$ 50,00 | 0 |
| | | N ₂ - O custo com mão de obra totaliza R\$ 75,00 | -89 |
| | | N ₁ - O custo com mão de obra totaliza R\$ 100,00 ou mais | -122 |

Continua...

Tabela 3. Continuação.

| PVE | Descrição | Níveis de impacto e descrição | Função de valor |
|-------------------|--|--|-----------------|
| | | N ₅ (Bom) - O custo com adubação de plantio e cobertura totaliza R\$ 0,00 | 100 |
| | | N ₄ - O custo com adubação de plantio e cobertura totaliza R\$ 120,00 | 64 |
| Custo da adubação | Descreve o valor que os agricultores deverão gastar com a adubação de plantio e cobertura | N ₃ (Neuro) - O custo com adubação de plantio e cobertura totaliza R\$ 240,00 | 0 |
| | | N ₂ - O custo com adubação de plantio e cobertura totaliza R\$ 360,00 | -49 |
| | | N ₁ - O custo com adubação de plantio e cobertura totaliza R\$ 480,00 ou mais | -82 |
| | | N ₅ (Bom) - Não há necessidade de gastos adicionais (R\$ 0,00) | 100 |
| | | N ₄ - O valor dos gastos adicionais totaliza R\$ 50,00 | 60 |
| Gastos adicionais | Descreve o valor que os agricultores deverão gastar com a aquisição adicional de materiais e pequenos equipamentos | N ₃ (Neuro) - O valor dos gastos adicionais totaliza R\$ 100,00 | 0 |
| | | N ₂ - O valor dos gastos adicionais totaliza R\$ 150,00 | -80 |
| | | N ₁ - O valor dos gastos adicionais totaliza R\$ 200,00 ou mais | -100 |

Fonte: dados da pesquisa.

preparo realizado nos assentamentos do município por equipamento alugado se caracteriza justamente pela pouca profundidade de revolvimento do solo e pela presença de torrões. Assim, havia uma forte insatisfação por parte dos agricultores com a qualidade do preparo de solo. Contudo, o baixo custo garantido pelo programa local pode funcionar como um fator importante para manter essa prática inalterada.

A qualidade da operação de plantio foi associada a três fatores: distribuição das sementes, ajuste do espaçamento e capacidade para distribuir a adubação planejada. Embora o modelo tenha identificado o baixo nível de satisfação em relação à matraca, usada em cerca de 60% das lavouras, os agricultores a mantiveram dentro da região de expectativas. Em outras palavras, eles consideraram que ela não realizava o plantio na qualidade “ideal”, mas realizava essa operação com qualidade satisfatória.

Para descrever a satisfação em termos da adubação de plantio e cobertura, empregou-se a equivalência em termos dos adubos mais usados pelos agricultores. Para o plantio, foi escolhida a fórmula 5-25-15, usada em aproximadamente 90% das lavouras nas quais houve adubação no plantio. Para a adubação de cobertura, escolheu-se a ureia, utilizada em 80% das lavouras nas quais essa prática foi empregada.

Na adubação de plantio, a região de expectativa situou-se de 25 kg a 50 kg de P_2O_5 /ha. Isso foi coerente com as quantidades médias dos grupos de sistemas de cultivo identificados. Entretanto, deve-se levar em conta a elevada variabilidade dos dados, pois, de fato, em 51% das lavouras, a adubação situou-se dentro da região de expectativas, e cerca de 41% ficaram abaixo do nível *Neutro*, provavelmente em virtude da perda de satisfação associada ao custo dos adubos.

Na adubação de cobertura, a região de expectativa ficou de 40 kg a 80 kg de N/ha. Essas informações contrastaram com as baixas quantidades médias empregadas nas lavouras. Isso indica que os agricultores gostariam de aplicar adubações maiores, mas não o fizeram, provavelmente em virtude da perda de satisfação associada à elevação dos custos.

Em relação à infestação de plantas daninhas, enfatizou-se a análise do recobrimento do solo e da altura do mato nos primeiros 30 dias da lavoura, período considerado por eles o mais crítico e de maior influência na produtividade. As situações de menor preferência foram aquelas em que o

fechamento do solo pelas plantas daninhas era maior. Igualmente, a preocupação dos agricultores com pragas do cultivo focava o início do ciclo, especificamente pelas possibilidades de ataque de cupins e lagartas. Para eles, dois fatores influenciavam a possibilidade desses ataques: a não realização de tratamento de sementes e o uso de esterco não curtido (de maneira especial para o ataque de cupins). Apesar dessa preocupação, o controle de pragas era pouco empregado. Apenas em quatro lavouras foi usado tratamento de semente, em 96% delas não houve controle de pragas, e somente um agricultor usou esterco na adubação. Ainda assim, os agricultores consideraram as pragas um aspecto a ser avaliado.

No PVF “Trabalho”, sobressaiu a quantidade, mas também o esforço associado à condução das lavouras (Tabela 5). Como as práticas eram principalmente manuais e/ou com tração animal, a quantidade de trabalho dentro das expectativas dos agricultores (12 a 22 dias/ha) foi superior aos coeficientes encontrados em recomendações técnicas apresentadas, por exemplo, em Cruz (2008), de 0,58 dia/ha, que se referem a sistemas mecanizados. A insatisfação com quantidades de trabalho superiores a 22 dias/ha pode ser explicada pela limitada disponibilidade de mão de obra da família. O número médio de residentes em cada lote era de 3,5 pessoas, correspondendo a um potencial de trabalho de apenas 2,7 UTHs¹³, enquanto, no início do assentamento, esse valor era de 3,2 UTHs.

As atividades consideradas com maior penosidade foram o plantio, a capina e a colheita. A penosidade na colheita nem sempre é elencada como um aspecto significativo, mas o fato de todos os sistemas de cultivo terem colheita manual, aliado ao problema de infestação de plantas daninhas na fase final do ciclo relatado por Oliveira et al. (2009), explica a preocupação dos agricultores. Destacaram-se também tanto a rejeição à capina apenas com enxada quanto ao plantio manual, mesmo tendo-se considerado a qualidade desse tipo de plantio melhor que a do uso da matraca (Tabela 4).

As preocupações com a saúde e o ambiente apareceram durante toda a construção do modelo. No entanto, na percepção dos agricultores e nas condições de produção vivenciadas por eles, não parecia ser possível produzir sem usar pelo menos um litro de veneno, uma vez que a região dentro das expectativas situou-se de 1 L/ha a 3 L/ha (Tabela 6). Possivelmente, isso se deve

¹³ Uma Unidade de Trabalho Homem (UTH) corresponde a 8 horas de trabalho diário por 300 dias anuais. Os valores foram calculados com base em parâmetros descritos por Lima et al. (2005).

Tabela 4. Critérios de avaliação do ponto de vista fundamental (PVF) “Produção”: pontos de vista elementares (PVEs) e respectivos descritores, níveis de impacto e funções de valor.

| PVE | Descrição | Níveis de impacto e descrição | Função de valor |
|-------------------------|---|--|-----------------|
| Uso de correção do solo | Descreve a realização ou não da correção de solo de acordo com a análise | N ₃ (Bom) - Não precisa fazer a correção ou faz de acordo com a análise de solo | 100 |
| | | N ₂ (Neutro) - Faz a correção de forma incompleta | 0 |
| | | N ₁ - Precisa de correção, mas não faz | -150 |
| Preparo de solo | Descreve a qualidade do preparo de solo em relação à profundidade e à presença de torrões na superfície | N ₄ (Bom) - O preparo de solo fica profundo e sem torrões na superfície. Esse nível, normalmente, está associado a alguma das seguintes maneiras de realizar o preparo de solo: 1) Uma passagem de arado e uma de grade (geralmente niveladora); 2) Duas passagens de grade aradora | 100 |
| | | N ₃ (Neutro) - O preparo de solo fica raso e sem torrões na superfície. Esse nível, normalmente, está associado a alguma das seguintes maneiras de realizar o preparo de solo: 1) Uma passagem de grade aradora e uma de grade niveladora; 2) Não realização do preparo de solo (Sistema de Plantio Direto) | 0 |
| | | N ₂ - O preparo de solo fica profundo e com torrões na superfície. Esse nível, normalmente, está associado ao preparo de solo que é realizado com apenas uma passagem de arado | -78 |
| | | N ₁ - O preparo de solo fica raso e com torrões na superfície. Esse nível, normalmente, está associado ao preparo de solo que é realizado com apenas uma passagem de grade aradora | -122 |

Continua...

Tabela 4. Continuação.

| PVE | Descrição | Níveis de impacto e descrição | Função de valor |
|-----|---|--|-----------------------------------|
| | Descreve a qualidade da operação de plantio relacionada às formas de plantar e aos equipamentos utilizados. Está associada a três aspectos: distribuição das sementes, ajuste do espaçamento e distribuição da adubação planejada | N_6 - Operação de plantio realizada utilizando plantadeira puxada por trator (plantio mecanizado) N_5 (Bom) - Operação de plantio realizada utilizando plantadeira de tração animal N_4 - Operação de plantio realizada em sulco feito com tração animal e distribuição manual da semente e do adubo N_3 - Operação de plantio realizada em covas com distribuição manual da semente e do adubo N_2 - Operação de plantio realizada em sulco feito com tração animal e utilização de matraca N_1 (Neuro) - Operação de plantio realizada utilizando matraca | 105 100 84 58 32 0 |
| | Descreve o uso de adubação de plantio em quantidade equivalente a sacos de adubo da fórmula 5-25-15 | N_4 - A adubação realizada é equivalente à quantidade de 6 sacos da fórmula 5-25-15 ou mais N_3 (Bom) - A adubação realizada é equivalente à quantidade de 4 sacos da fórmula 5-25-15 N_2 (Neuro) - A adubação realizada é equivalente à quantidade de 2 sacos da fórmula 5-25-15 N_1 - A adubação realizada é equivalente à quantidade de 0 saco da fórmula 5-25-15 | 157 100 0 -129 |

Continua...

Tabela 4. Continuação.

| PVE | Descrição | Níveis de impacto e descrição | Função de valor |
|------------|---|---|------------------------|
| | | N_6 - A adubação realizada é equivalente à quantidade de 5 sacos de ureia ou mais | 111 |
| | | N_5 (Bom) - A adubação realizada é equivalente à quantidade de 4 sacos de ureia | 100 |
| | Descreve o uso de adubação de cobertura em quantidade equivalente a sacos de ureia | N_4 - A adubação realizada é equivalente à quantidade de 3 sacos de ureia | 56 |
| | | N_3 (Neutro) - A adubação realizada é equivalente à quantidade de 2 sacos de ureia | 0 |
| | | N_2 - A adubação realizada é equivalente à quantidade de 1 saco de ureia | -78 |
| | | N_1 - A adubação realizada é equivalente à quantidade de 0 saco de ureia | -111 |
| | | N_4 (Bom) - Normalmente, as plantas daninhas fecham 50% do solo ou menos, e a altura do mato é menos da metade da altura do milho | 100 |
| | Descreve a infestação de plantas daninhas na fase inicial (primeiros 30 dias) do ciclo do milho | N_3 - Normalmente, as plantas daninhas fecham 50% do solo ou menos, e a altura do mato é mais da metade da altura do milho | 38 |
| | | N_2 (Neutro) - Normalmente, as plantas daninhas fecham mais de 50% do solo, e a altura do mato é menos da metade da altura do milho | 0 |
| | | N_1 - Normalmente, as plantas daninhas fecham mais de 50% do solo, e a altura do mato é mais da metade da altura do milho | -25 |

Continua...

Tabela 4. Continuação.

| PVE | Descrição | Níveis de impacto e descrição | Função de valor |
|------------|---|--|------------------------|
| | | N ₆ - Utilização de tratamento de semente e uso de esterco curtido na adubação | 125 |
| | | N ₅ - Utilização de tratamento de semente e não há uso de esterco na adubação | 100 |
| | Descreve as práticas e condições que favorecem o ataque de pragas | N ₄ - Não há utilização de tratamento de semente e não há uso de esterco na adubação | 75 |
| Pragas | lagartas e cupins na fase inicial (primeiros 30 dias) do ciclo do milho | N ₃ - Não há utilização de tratamento de semente e há uso de esterco curtido na adubação | 0 |
| | | N ₂ - Utilização de tratamento de semente e há uso de esterco sem curtir na adubação | -75 |
| | | N ₁ - Não há utilização de tratamento de semente e há uso de esterco sem curtir na adubação | -125 |

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 5. Critérios de avaliação do ponto de vista fundamental (PVF) “Trabalho”: pontos de vista elementares (PVEs) e respectivos descritores, níveis de impacto e funções de valor.

| PVE | Descrição | Níveis de impacto e descrição | Função de valor |
|--|---|--|-----------------|
| Quantidade de trabalho | | N ₅ (Bom) - A quantidade de trabalho é de 12 dias ou menos | 100 |
| | | N ₄ - A quantidade de trabalho é de 17 dias | 44 |
| | | N ₃ (Neutro) - A quantidade de trabalho é de 22 dias | 0 |
| | | N ₂ - A quantidade de trabalho é de 27 dias | -51 |
| | | N ₁ - A quantidade de trabalho é de 30 dias ou mais | -122 |
| PVF – Sofrimento do trabalho | | | |
| PVE Sofrimento do trabalho no plantio | Descreve o sofrimento do trabalho relacionado às formas para realizar a operação de plantio | N ₄ (Bom) - Plantio realizado com plantadeira de trator | 100 |
| | | N ₃ - Plantio realizado com plantadeira de tração animal | 50 |
| | | N ₂ (Neutro) - Plantio realizado com matraca | 0 |
| | | N ₁ - Plantio realizado manualmente (cova ou sulco) | -150 |
| | | | |
| PVE Sofrimento do trabalho na capina | Descreve o sofrimento do trabalho relacionado às formas para realizar a operação de capina | N ₄ (Bom) - Capina realizada com herbicidas | 100 |
| | | N ₃ - Capina realizada com equipamento de tração animal | 80 |
| | | N ₂ (Neutro) - Capina realizada com equipamento de tração animal, associada à enxada | 0 |
| | | N ₁ - Capina realizada com enxada | -100 |
| | | | |
| PVE Sofrimento do trabalho na colheita | Descreve o sofrimento do trabalho relacionado às condições para realizar a operação de colheita | N ₂ (Bom) - A colheita é realizada com pouco mato. Ele não recobre todo o solo, e sua altura está abaixo da altura da cintura (1,0 metro) | 100 |
| | | N ₁ (Neutro) - A colheita é realizada com muito mato. Ele recobre todo o solo, e sua altura está acima da altura da cintura (1,0 metro) | 0 |

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 6. Critérios de avaliação do ponto de vista fundamental (PVF) “Saúde e meio ambiente”: pontos de vista elementares (PVEs) e respectivos descritores, níveis de impacto e funções de valor.

| PVE | Descrição | Níveis de impacto e descrição | Função de valor |
|----------------------------------|---|--|------------------------|
| Uso de venenos | Descreve a quantidade de veneno usada durante todo o ciclo do milho | N ₆ - A quantidade de veneno é de 0 litro | 126 |
| | | N ₅ (Bom) - A quantidade de veneno é de 1 litro | 100 |
| | | N ₄ - A quantidade de veneno é de 2 litros | 40 |
| | | N ₃ (Neutro) - A quantidade de veneno é de 3 litros | 0 |
| | | N ₂ - A quantidade de veneno é de 4 litros | -21 |
| | | N ₁ - A quantidade de veneno é de 5 litros ou mais | -47 |
| Cuidados na aplicação de venenos | Descreve os cuidados adotados para aplicação de venenos durante todo o ciclo do milho | N ₆ - Não é necessário aplicar venenos durante todo o ciclo do milho, ou são empregados defensivos naturais | 143 |
| | | N ₅ - Aplicação de venenos é feita utilizando equipamento de proteção completo | 129 |
| | | N ₄ (Bom) - Aplicação de venenos é feita utilizando máscara e luvas | 100 |
| | | N ₃ - Aplicação de venenos é feita utilizando máscara | 71 |
| | | N ₂ - Aplicação de venenos é feita utilizando luvas | 14 |
| | | N ₁ (Neutro) - É necessário usar equipamentos de proteção para aplicação de venenos, mas eles não são utilizados (aplicação de venenos de qualquer maneira) | 0 |
| Erosão | Descreve o potencial de erosão relacionado ao número de operações de preparo de solo e à construção de curvas de nível na lavoura | N ₆ - Não é realizada operação de preparo de solo, e são feitas ou há curvas de nível | 117 |
| | | N ₅ (Bom) - É realizada uma operação de preparo de solo, e são feitas (ou há) curvas de nível | 100 |
| | | N ₄ - São realizadas duas ou mais operações de preparo do solo, e são feitas (ou há) curvas de nível | 83 |
| | | N ₃ - Não é realizada operação de preparo do solo, e não há curvas de nível | 33 |
| | | N ₂ (Neutro) - É realizada uma operação de preparo de solo, e não há curvas de nível | 0 |
| | | N ₁ - São realizadas duas ou mais operações de preparo de solo, e não há curvas de nível | -50 |

Fonte: dados da pesquisa.

à tendência de uso de herbicidas que vem crescendo, sobretudo, em virtude da limitação de mão de obra e do problema de controle de plantas daninhas (SCOPEL et al., 2005). Em levantamento realizado em três assentamentos do município no ano agrícola 2001-2002, Gastal et al. (2003) não identificaram nenhum sistema de cultivo com o emprego de herbicidas, ao passo que nessa pesquisa eles foram usados em cerca de 27% das lavouras.

Outro contraste se manifestou ao observar o PVE “Cuidados na aplicação de venenos”, no qual a aplicação sem uso de equipamentos de proteção estava dentro das expectativas dos agricultores. A outra preocupação ambiental se relacionou à erosão em virtude do número de operações de preparo de solo e do uso de curvas de nível.

Em relação aos riscos envolvidos no processo produtivo, os agricultores associaram o risco climático e a confiança nas tecnologias (Tabela 7). Esses dois aspectos estão de acordo com as noções de risco e incerteza na agricultura discutidas por Hardaker et al. (1997), que definem incerteza como um conhecimento imperfeito, e risco como consequências incertas, particularmente a exposição àquelas desfavoráveis. No caso estudado, o risco climático se manifestou na preocupação com as consequências negativas associadas aos veranicos que normalmente ocorrem em janeiro/fevereiro. Para os agricultores, isso estava associado à sua condição de dependência de maquinário alugado para preparo de solo.

Sobre a confiança nas tecnologias, foram ressaltados os aspectos do conhecimento e do teste nas proximidades. Isso está coerente com os estudos sobre o processo de inovação técnica na agricultura, tratados por Sabourin et al. (2004) e Lefort (1992). Para Sabourin et al. (2004), os agricultores não adotam práticas ou técnicas prontas; eles as experimentam e procuram adaptar as propostas às suas condições específicas. Dessa forma, o teste nas proximidades, relatado pelos agricultores, funciona como um ajuste das tecnologias às condições locais e justifica-se como um elemento limitador do risco. Por sua vez, Lefort (1992) argumenta que, para a colocação em prática de uma tecnologia, é fundamental a noção de “domínio”, que corresponde à integração entre o conhecimento e o “saber fazer” dos agricultores. Com isso, a confiança nas tecnologias, de fato, retratou a busca dos agricultores por maior conhecimento e domínio das tecnologias a serem empregadas em um novo sistema de cultivo.

Tabela 7. Critérios de avaliação do ponto de vista fundamental (PVF) “Riscos”: pontos de vista elementares (PVEs) e respectivos descritores, níveis de impacto e funções de valor.

| PVE | Descrição | Níveis de impacto e descrição | Função de valor |
|--------------------------|---|--|------------------------|
| | Descreve se o cultivo de milho é dependente de serviços de mecanização realizados por terceiros | N_4 - A forma de produzir não depende de serviços de mecanização realizados por terceiros | 167 |
| Dependência de terceiros | | N_3 - A forma de produzir depende de serviços de mecanização realizados por terceiros para uma operação | 100 |
| | | N_2 (Neutro) - A forma de produzir depende de serviços de mecanização realizados por terceiros para duas operações | 0 |
| | | N_1 - O jeito de produzir depende de serviços de mecanização realizados por terceiros para três ou mais operações | -60 |

Continua...

Tabela 7. Continuação.

| PVE | Descrição | Níveis de impacto e descrição | Função de valor |
|-----|---|--|-----------------|
| | Descreve a confiança nas tecnologias empregadas em cada jeito de produzir milho. Ela está relacionada a três fatores: | N ₆ (Bom) - O conhecimento adicional requerido é inexistente ou baixo (uso de uma nova variedade, ou uso de novos equipamentos simples, tais como plantadeira de tração animal). O agricultor já conhece as tecnologias (“já ouviu falar”), e elas já foram testadas na comunidade | 100 |
| | a) necessidade de conhecimentos adicionais; | N ₅ - O conhecimento adicional requerido é alto (uso de novos equipamentos que exigem regulagem detalhada, tais como um pulverizador de tração animal; e uso de herbicidas específicos para o milho, diferentes dos normalmente empregados). O agricultor já conhece as tecnologias (“já ouviu falar”), e elas já foram testadas na comunidade | 75 |
| | b) o agricultor já ter recebido alguma informação sobre as tecnologias; e | N ₄ (Neutro) - O conhecimento adicional requerido é baixo (uso de uma nova variedade, ou uso de novos equipamentos simples, tais como plantadeira de tração animal). O agricultor já conhece as tecnologias (“já ouviu falar”), mas elas ainda não foram testadas na comunidade | 0 |
| | c) o fato de elas já terem sido testadas na comunidade | N ₃ - O conhecimento adicional requerido é alto (uso de novos equipamentos que exigem regulagem detalhada, tais como um pulverizador de tração animal; e uso de herbicidas específicos para o milho, diferentes dos normalmente empregados). O agricultor já conhece as tecnologias (“já ouviu falar”), mas elas ainda não foram testadas na comunidade | -75 |
| | | N ₂ - O conhecimento adicional requerido é baixo (uso de uma nova variedade, ou uso de novos equipamentos simples, tais como plantadeira de tração animal). O agricultor não conhece as tecnologias (“nunca ouviu falar”), e elas ainda não foram testadas na comunidade | -100 |
| | | N ₁ - O conhecimento adicional requerido é alto (uso de novos equipamentos que exigem regulagem detalhada, tais como um pulverizador de tração animal; e uso de herbicidas específicos para o milho, diferentes dos normalmente empregados). O agricultor não conhece as tecnologias (“nunca ouviu falar”), e elas ainda não foram testadas na comunidade | -150 |

Fonte: dados da pesquisa.

O modelo construído permitiu que os agricultores definissem um robusto conjunto de critérios para avaliar os sistemas de cultivo de milho. Normalmente, é difícil que um sistema seja superior a outros em todos os critérios. Além disso, o peso relativo de cada critério não é igual. Portanto, é necessário agregar as diversas dimensões de avaliação, o que na MCDA é feito por meio da definição de taxas de compensação. Isso permite estabelecer a forma como os agricultores articulam suas preferências em torno dos critérios. Essa articulação é apresentada na Figura 2. As compensações podem ser observadas tanto dentro de um mesmo PVF (custos, por exemplo) quanto entre os PVFs (custos, produção, trabalho, saúde e meio ambiente, e risco).

Por exemplo, no critério “Produção”, os agricultores escolheram alterar o subcritério “Adubação de plantio” do nível *Neutro* (equivalente a 2 sacos da fórmula 5-25-15) para o nível *Bom* (equivalente a 4 sacos da fórmula 5-25-15) em primeiro lugar. Para esse “salto” foi estabelecida uma pontuação igual a 100, que correspondeu à taxa de compensação bruta do subcritério. O procedimento foi repetido considerando o subcritério a ser elevado do nível *Neutro* para o *Bom* em segundo lugar. Nesse caso, os agricultores selecionaram alterar o subcritério “Qualidade do preparo de solo” do nível *Neutro* (preparo de solo raso e sem torrões) para o nível *Bom* (preparo de solo profundo e sem torrões). Para esse novo “salto” foi estabelecida uma pontuação igual a 90. A repetição do procedimento resultou em taxas brutas de 80, 75, 75, 50 e 25, respectivamente, para os subcritérios “Qualidade do plantio”, “Adubação de cobertura”, “Plantas daninhas”, “Pragas” e “Correção de solo”. As taxas obtidas nos subcritérios foram normalizadas dividindo-se cada taxa bruta pela soma delas (495), obtendo-se resultados que variavam de zero a um, conforme Figura 2.

Alguns aspectos da análise das razões entre as taxas de compensação dentro dos PVFs merecem ser destacados. No PVF “Produção”, o ataque de pragas constantemente levantado no relato dos agricultores como um problema muito grave, quando confrontado com a situação real para construção das taxas, recebeu um valor baixo, significando que, nas condições deles, deveriam ocorrer ganhos elevados nesse critério para compensar pequenas perdas nos outros. Em relação ao trabalho, um sistema de cultivo que propiciasse o ganho de um ponto de satisfação na penosidade do trabalho poderia perder 1,17 ponto na quantidade. Em outras palavras, os agricultores aceitavam trabalhar um pouco mais desde que houvesse uma redução no esforço. Para os critérios associados aos riscos, foram favorecidas escolhas que propiciassem a

diminuição da dependência de maquinário alugado, mesmo com uma pequena perda de satisfação em termos da confiança nas tecnologias.

No âmbito dos PVFs, as razões entre as taxas de compensação do modelo mostraram que os agricultores enfatizaram a disposição em compensar ganhos no critério “Custos” por perdas nos outros critérios. A razão Custos/Produção foi de apenas 1,1, enquanto para a saúde e meio ambiente, foi de 6,4. Isso significa que, para manter o mesmo nível de satisfação, um sistema de cultivo que eleve os custos e represente a perda de um ponto nesse critério deve compensar essa perda pelo aumento de 1,1 ponto no critério “Produção”, ao passo que, para o critério “Saúde e meio ambiente”, esse aumento deve ser de 6,4 pontos. Essa baixa taxa de compensação do critério “Saúde e meio ambiente” indicou que, embora os agricultores tivessem preocupações com esses aspectos, eles admitiam, em virtude das limitações econômicas e de mão de obra enfrentadas, perdas grandes nele para obter ganhos nos outros (Figura 2).

Ressalta-se que esse raciocínio numérico deve ser considerado apenas como uma maneira de inferir sobre a forma como os agricultores compensam perdas em determinados aspectos com ganho em outros, não devendo ser tomado de maneira estrita. Isso porque, para o ser humano, não é natural determinar as preferências de maneira matemática, como é feito na construção das funções de valor e na definição das taxas de compensação (ENSSLIN et al., 2001). Assim, haverá sempre um grau de imprecisão nas preferências expressas pelos parâmetros do modelo (funções de valor e taxas de compensação). Por esses motivos, tais parâmetros, especialmente as taxas de compensação, são considerados faixas de valores. Além disso, não se pode reduzir a complexidade da racionalidade decisória dos agricultores familiares a um simples raciocínio matemático. Pelo contrário, o modelo deve ser visto como uma ferramenta complementar para analisar e entender as avaliações e escolhas com eles.

Nesse contexto, os resultados do modelo indicaram que a percepção dos agricultores é bastante diferente daquela que orienta a geração de tecnologias, normalmente baseada na maximização da produtividade. Para verificar essa ideia, o sistema de cultivo mais usado no assentamento foi comparado a uma recomendação técnica para produção de milho, de acordo com Cruz (2008). Essa recomendação visa a incrementar a produtividade para 7.000 kg/ha. Para a mecanização, foram usados os mesmos coeficientes encontrados no

assentamento. Os critérios econômicos foram calculados usando como base os preços coletados no mercado de Unai em setembro de 2007.

Na Tabela 8, são apresentados os resultados da comparação entre os dois sistemas. A recomendação técnica caracterizou-se pela maximização da produtividade com tecnologias intensivas em mecanização, adubos e agrotóxicos. O aumento de satisfação pelo maior controle dos aspectos técnicos foi seguido por forte insatisfação associada aos custos. Complementarmente, o maior número de operações mecanizadas, embora tenha elevado a satisfação no critério “Trabalho”, aumentou a dependência de maquinário alugado, o que resultou numa baixa avaliação no critério “Riscos”. Além disso, a avaliação ambiental ficou prejudicada pelo elevado uso de agrotóxicos. Assim, na percepção dos agricultores, as vantagens obtidas nos critérios “Produção” e “Trabalho” não foram capazes de compensar as perdas relacionadas aos custos, aos riscos e aos impactos ambientais. Como resultado, a pontuação final da recomendação técnica (33,6) ficou abaixo daquela do sistema de cultivo dos agricultores (45,6).

Tabela 8. Avaliação de sistemas de cultivo de milho-grão (sistema dos agricultores e recomendação técnica) de acordo com modelo multicritério⁽¹⁾.

| Critérios e taxas de compensação | Sistema de cultivo dos agricultores | | Recomendação técnica | |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------------|----------------|
| | Função de valor | Nota ponderada | Função de valor | Nota ponderada |
| Custos (0,32) | 90,1 | 28,8 | -34,2 | -10,9 |
| Produção (0,29) | -24,6 | -7,1 | 94,8 | 27,5 |
| Trabalho (0,16) | 9,2 | 1,5 | 100,0 | 16,0 |
| Saúde e meio ambiente (0,05) | 88,6 | 4,4 | 8,3 | 0,4 |
| Riscos (0,18) | 100,0 | 18,0 | 3,5 | 0,6 |
| Nota final | - | 45,6 | - | 33,6 |

⁽¹⁾ A nota ponderada é obtida pela multiplicação da função de valor pela respectiva taxa de compensação do critério. A nota final refere-se à soma das notas ponderadas.

Fonte: dados da pesquisa.

Finalmente, é importante destacar que, de acordo com a abordagem construtivista adotada (ROY; VENDERPOOTEN, 1996; ENSSLIN et al., 2001), os decisores são únicos em termos de estrutura de preferências. Nesse trabalho, adotou-se o procedimento de construir o modelo multicritério com um grupo de agricultores escolhidos entre os principais tipos de exploração

encontrados no assentamento, considerando-se os elementos relevantes para o conjunto de agricultores. Para reforçar esse aspecto, foi realizada uma reunião com os agricultores que não participaram desse processo, para verificar até que ponto eles se reconheciam no modelo. Os resultados dessa reunião indicaram que houve alto nível de reconhecimento em relação aos PVFs, PVEs e descritores. No entanto, as ordenações dos níveis de impacto, as regiões de expectativa, as funções de valor e as taxas de compensação deveriam ser ajustadas. Assim, os resultados do modelo podem ser usados como um indicador de tendências e um ponto de partida para avaliar sistemas de cultivo com os agricultores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A MCDA mostrou-se uma metodologia promissora, tanto para auxiliar na sistematização do conhecimento dos agricultores familiares sobre a complexidade do processo produtivo que eles conduzem, quanto para uma aproximação dos saberes dos agricultores e dos agentes de pesquisa de maneira formalizada. Ademais, a maneira pragmática para organizar descritores quantitativos e qualitativos por meio da participação efetiva dos usuários em todas as fases possibilitou obter critérios com elevado grau de compreensão por parte dos agricultores sobre o significado dos impactos medidos pelo modelo e com uma forte aproximação à realidade vivenciada.

O modelo destacou-se como uma ferramenta de aprendizagem e comunicação entre os atores envolvidos. Para os agricultores, novos conhecimentos foram agregados por meio da interação com os técnicos. Mas, principalmente para os últimos, foi possível identificar e compreender não apenas o robusto conjunto de critérios relevantes para os agricultores na avaliação de sistemas de cultivo, mas também a forma de articulação entre eles. Ressalta-se, portanto, o entendimento sobre o desempenho dos sistemas, assim como a identificação de pontos fracos para propor melhorias. O modelo demonstrou enfaticamente que os agricultores, ao avaliarem sistemas de cultivo, levam em conta as dimensões econômica, social e ambiental da sustentabilidade. Contudo, a percepção deles mostrou-se diferente da visão equitativa entre essas dimensões normalmente expressa nos trabalhos científicos.

Apesar desses pontos fortes, alguns aspectos merecem atenção. Em primeiro lugar, o elevado número de reuniões necessárias à construção participativa do modelo enfatiza a importância de planejar cuidadosamente a época de realização do trabalho e a negociação com os agricultores. Em segundo lugar, o raciocínio numérico em termos das preferências é algo incomum. Portanto, devem ser tomadas precauções para verificar até que ponto os valores construídos têm significado em termos das preferências dos agricultores. Por fim, deve estar clara a limitação em termos da extrapolação dos resultados da modelagem para outros agricultores. A construção do modelo após um trabalho prévio de entendimento do contexto, no qual a modelagem está sendo aplicada, e a elaboração de tipologias para compreender a diversidade das condições dos agricultores podem ser caminhos promissores para a ampliação do escopo de utilização do modelo. Adicionalmente, mecanismos de validação com outros agricultores possibilitam entender as diferenças nos sistemas de preferências e as alterações necessárias. Em outras palavras, possibilitam o uso do modelo como um ponto de partida.

Os resultados deste estudo reforçam a necessidade de refletir sobre as alternativas tecnológicas atraentes para esses agricultores no contexto de um cultivo que não se destina prioritariamente ao mercado, mas que é estratégico para a reprodução socioeconômica das famílias. Ressalta-se, portanto, a necessidade de ampliar a visão geral que orienta a geração de tecnologias agropecuárias, focada principalmente na produtividade como critério preponderante de avaliação e, em grande parte, desenhada em campos experimentais distantes dos sistemas produtivos dos agricultores. Isso não significa argumentar que os agricultores familiares não queiram aumentar a produtividade de sua lavoura, mas sim que devem ser consideradas suas particularidades e as limitações a que estão sujeitos. É nesse contexto que a modelagem multicritério com uma abordagem construtivista pode ser uma importante ferramenta para a pesquisa agropecuária.

REFERÊNCIAS

ARONDEL, C.; GIRARDIN, P. Sorting cropping systems on the basis of their impact on groundwater quality. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 127, p. 467-482, 2000.

BACIC, I. L. Z.; BREGT, A. K.; ROSSITER, D. G. A participatory approach for integrating risk assessment into rural decision-making: a case study in Santa Catarina, Brazil. **Agricultural Systems**, London, v. 87, n. 2, 2006. p. 229-244.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002.

BEINAT, E. **Multiattribute Value Functions for Environmental Management**. Amsterdam, NL: Tinbergen Institute, 1995. (Environment & Management, 7).

BERGEZ, J. E.; COLBACH, N.; CRESPO, O.; GARCIA, F.; JEUFFROY, M. H.; JUSTES, E.; LOYCE, C.; MUNIER-JOLAIN, N.; SADOK, W. Designing crop management systems by simulation. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, NL, v. 32, p. 3-9, 2010.

COSTA, A. P. **Metodologia multicritério em apoio à decisão para seleção de cultivares de arroz para lavouras no sul do Estado do Rio Grande do Sul**. 1996. 217 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)—Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2). Versão eletrônica. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_4ed/index.htm>. Acesso em: 14 out. 2009.

DOGLIOTTI, S.; ROSSING, W. A. H.; VAN ITTERSUM, M. K. Rotat: a tool for systematically generating crop rotations. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, NL, v. 19, p. 239-250, 2003.

EDEN, C.; JONES, S.; SIMS, D. **Messing about in problems**: an informal structured approach to their identification and management. Oxford: Pergamon Press, 1988. 122 p.

ENSSLIN, L.; NETO, G. M.; NORONHA, S. M. **Apoio à decisão**: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular, 2001. 296 p.

GASTAL, M. L.; XAVIER, J. H. V.; ZOBY, J. L. F.; ROCHA, F. E. de C.; SILVA, M. A. da; RIBEIRO, C. F. D. de A.; COUTO, P. H. M. **Projeto Unai**: diagnóstico rápido e dialogado de três assentamentos de reforma agrária. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 74 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 118).

GHADIM, A. K. A.; PANNELL, D. J. A conceptual framework of adoption of an agricultural innovation. **Agricultural Economics**, London, UK, v. 21, p. 145-154, 1999.

GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C. B. S. de; MANGABEIRA, J. A. de C. Índice multicritério de bem estar social rural em um município da região amazônica. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 141-160, 2008.

GOMES, M. C. **Apoio à decisão em empresas familiares em processo de evolução**: um modelo multicritério em um estudo de caso na indústria de conservas de Pelotas-RS. 2001.

109 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)–Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

HARDAKER, J. B.; HUIRNE, R. B. M.; ANDERSON, J. R. **Coping with risk in agriculture**. Wallingford: Cabi, 1997. 274 p.

KEENEY, R. L. **Value-focused thinking**: a path to creative decisionmaking. Cambridge: Harvard University Press, 1992. 416 p.

LEFORT, J. Innovación técnica y experimentación en medio campesino. **Revista Investigación Desarrollo para América Latina**, Barquisimeto, n. 1, p. 16-26, 1992.

LIMA, A. P. de; BASSO, N.; NEUMANN, P. S.; SANTOS, A. C. dos; MULLER, A. G. **Administração da unidade de produção familiar**: modalidades de trabalho com agricultores. 3. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2005. 224 p.

LOYCE, C.; RELIER, J. P.; MEYNARD, J. M. Management planning for winter wheat with multiple objectives: the Betha System. **Agricultural Systems**, Barking, v. 72, p. 9-31, 2002.

LOYCE, C.; WERY, J. Les outils des agronomes pour l'évaluation et la conception de systèmes de culture. In: DORÉ, T.; BAIL, M. L.; MARTIN, P.; NEY, B.; ROGER-STRADE, J. (Coord.). **L'agronomie aujourd'hui**. Paris: Quae, 2006. p. 77-95.

MARTINS, F. M.; BELARMINO, L. C.; SLUSZZ, T.; MONTICELLI, C. J.; MIELE, M.; SANDI, A. J. Modelo multicritério para avaliação do potencial de negócios tecnológicos na agricultura. **Cadernos de Ciência e tecnologia**, Brasília, DF, v. 28, n. 1, p. 189-222, 2011.

MASTRANTONIO, J. J. da S.; PORTO, R. G.; GOMES, M. C. A escolha de cultivares de feijão através de um modelo multicritério baseado no saber local. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 2, n. 1, p. 694-697, 2007.

MAZZETTO, F.; BONERA, R. Meacros: a tool for multi-criteria evaluation of alternative cropping systems. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, NL, v. 18, p. 379-387, 2003.

MENDOZA, G. A.; PRABHU, R. Qualitative multi-criteria approaches to assessing indicators of sustainable forest resource management. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, NL, v. 174, p. 329-343, 2003.

MILLER, D. W.; STARR, M. K. **Estrutura das decisões humanas**. Rio de Janeiro: FGV, 1970. 221 p.

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **Psychological Review**, Washington, DC, v. 101, n. 2, p. 343-352, 1994.

MONTIBELLER NETO, G. **Mapas cognitivos**: uma ferramenta de apoio à estruturação de problemas. 1996. 221 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)– Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OLIVEIRA, M. N. de; XAVIER, J. H. V.; SILVA, F. A. M. da, SCOPEL, E.; ZOBY, J. L. F. Efeitos da introdução do sistema de plantio direto de milho por agricultores familiares do município de Unai-MG: Cerrado brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 51-60, 2009.

PASTRO, I. I. Avaliação estratégica: um estudo de caso na Coopal. **Cap Accounting and Management**, Pato Branco, v. 2, n. 2, p. 91-96, 2008. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/CAP/article/viewFile/914/557>>. Acesso em: 15 mai. 2012.

RIPOCHE, A.; CELETTE, F.; CINNA, J. P.; GARY, C. Design of intercrop management plans to fulfil production and environmental objectives in vineyards. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, NL, v. 32, p. 30-39, 2010.

RÖLING, N. Towards an interactive agricultural science. **European Journal of Agricultural Education and Extension**. London, UK, v. 2, n. 4, p. 35-48, 1996.

ROMERO, C. **Teoría de la decisión multicriterio**: conceptos, técnicas y aplicaciones. Madrid: Alianza, 1993. 200 p.

ROY, B.; VENDERPOOTEN, D. The European school of MCDA: emergences, basic features and current works. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, [London, UK], v. 5, p. 23-38, 1996.

ROY, R. Decision science or decision-aid science? **European Journal of Operational Research**, North Holland, v. 66, p. 184-203, 1993.

SABOURIN, E.; HOCDE, H.; TONNEAU, J.-P.; SIDERSKY, P. Production d'innovations en partenariat: une experience dans l'agreste de la Paraíba, Brésil. In: CANEILL, J. (Ed.). **Agronomes et innovations**: 3ème édition des entretiens du Pradel. Paris: L'Harmattan, 2004. p. 191-206.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2000. 95 p.

SADOK, W.; ANGEVIN, F.; BERGEZ, J. E.; BOCKSTALLER, C.; COLOMB, B.; GUICHARD, L.; REAU, R.; DORÉ, T. Ex ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: implications for using multi-criteria decision aid methods. **Agronomy Sustainable Development**, Heidelberg, v. 27, p. 1-12, 2007.

SCOPEL, E.; TRIOMPHE, B.; GOUDET, M.; XAVIER, J. H. V.; MACENA, F. A. M. da. Potential role of CA in strengthening small-scale farming systems in the Brazilian Cerrados, and how to do it. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, 3., 2005, Nairobi, Kenya. **Papers presented ...** Nairobi: African Conservation Tillage Network, 2005. 8 p. Disponível em: <<http://www.act-africa.org/resources.main.php>>. Acesso em: 23 abr. 2009.

SEBILLOTE, M. Système de culture: um concept opératoire pour les agronomes. In: COMBE, L.; PICARD, D. (Ed.). **Un point sur les systèmes de culture**. Paris: Inra, 1990. p. 165-196.

Metodologia multicritério de apoio à decisão como ferramenta para avaliação de sistemas...

SILVA, G. L. da. **Viabilidade socioeconômica da reforma agrária**: estudo de caso sobre o P. A. Renascer. 2001. 88 f. Monografia (Curso de Especialização e Extensão em Educação do Campo e Desenvolvimento Sustentável dos Assentamentos de Reforma Agrária)– Universidade de Brasília, Brasília, DF.

XAVIER, J. H. V.; GOMES, M. C.; ANJOS, F. S. dos; ALMEIDA, S. C. R. de; OLIVEIRA, M. N. de; SCOPEL, E.; CORBEELS, M.; MULLER, A. G. Modelo multicritério construído com agricultores familiares para compreender a racionalidade na avaliação da produção de milho grão sequeiro. In: CONGRESO LATINOAMERICANO Y EUROPEO EN DE CO-INNOVACIÓN DE SISTEMAS SOSTENIBLES DE SUSTENTO RURAL, 1., 2010, Minas, UY. **Anais...** Montevideo: Universidade de la República Oriental del Uruguay, 2010. p. 137-140.

Trabalho recebido em 14 de dezembro de 2010 e aceito em 31 de maio de 2012