

7.3 METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE INDICADORES, FRAGILIDADE E CRITICIDADE

O objetivo do presente item é exemplificar didaticamente a metodologia utilizada na formação do mapa de criticidade ambiental da sub-bacia do rio Verde através do ArcView. Este mapa é fruto dos cruzamentos de mapas indicadores de fragilidades dos três componentes sínteses: recursos hídricos e ecossistemas aquáticos, meio físico e ecossistemas terrestres, e meio socioeconômico, cada um com sua importância, sendo ponderados através de pesos específicos.

Os mapas de fragilidade, assim como o de criticidade ambiental também são formados através do cruzamento de temas ponderados cada um de acordo com a sua importância, tal como definido no item 7.1.2.

Para exemplificar como foi obtido o resultado final do mapa de criticidade, é importante verificar as etapas definidas conforme o esquema da figura apresentada a seguir.

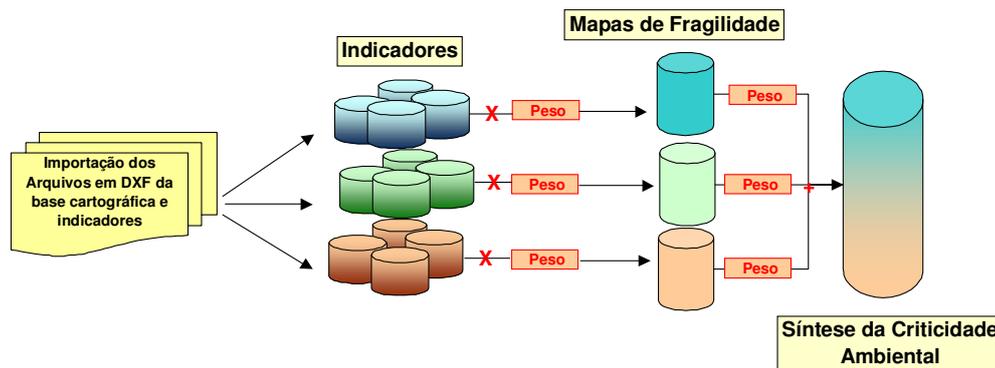


Figura 7.3.1 – Esquema básico para configuração dos mapas de fragilidade e criticidade

A primeira etapa consiste na importação dos arquivos em dxf para a elaboração dos temas no formato *shapfile*, cada um com seu tipo de informação, ou seja *line* para elementos formadores da base cartográfica tais como rios, rodovias, acessos; *polygons* para elementos poligonais ou os indicadores propriamente ditos, e também para os reservatórios; e *points* para elementos pontuais de informações dos temas, tais como fotografias de pontos específicos.

De acordo com o diagnóstico, foram importados os seguintes temas:

- a) Base Cartográfica:
- Reservatórios;
 - Campos de Pouso;
 - Propriedades;
 - Cidades;
 - Ferrovias;
 - Acessos;
 - Estradas Secundárias;
 - Rodovias Estaduais;
 - Rodovias Federais;
 - Hidrografia;e,
 - Limite da Bacia Hidrográfica.
- b) Indicadores Sócio Econômicos:
- Sítios Arqueológicos;
 - Estrutura Fundiária;
 - Dinâmica Demográfica;
 - Condições de Vida;
 - Atividades econômicas; e,
 - Comunidades Étnicas;
- c) Indicadores de Ecossistemas Aquáticos:
- Vazão Específica;
 - Riqueza das Espécies de Peixes;
 - Modelagem Topográfica;
 - Índice de Qualidade da Água;
 - Biótipos Aquáticos;
 - Áreas de Relevância para a Migração Reprodutiva;
- d) Indicadores de Ecossistemas Terrestres:
- Remanescentes Florestais;
 - Proximidade dos Remanescentes aos Cursos D'água;
 - Conectividade com Tensões Ecológicas;
 - Unidades de Conservação;
 - Susceptibilidade à Erosão dos Solos;
 - Importância Ecológica da Cobertura Vegetal;e,
 - Presença de habitats Importantes para a Fauna.

A segunda etapa constituiu a formação dos temas indicadores através da atribuição de notas para critérios específicos de cada tema. Como atributos dos temas chega-se então um valor, ou a nota atribuída, da fragilidade que cada nota representa e o critério de atribuição de notas, da seguinte forma:

Para o tema de sítios arqueológicos, por exemplo, os polígonos foram classificados em duas classes, sendo de baixa fragilidade para as áreas onde não foram identificados, ate o momento sítios arqueológicos e alta fragilidade a áreas onde foram identificados sítios arqueológicos. Para os polígonos de baixa fragilidade foi atribuída a nota 0,25 e para os polígonos de alta fragilidade foi atribuída a nota 0,75. O item 7.5 apresentado a seguir

demonstra a metodologia, os valores atribuídos e os respectivos pesos para cada um dos indicadores com maior nível de detalhamento.

Esta mesma metodologia foi realizada para os diversos temas em questão, obedecendo a estrutura mostrada nas tabelas 7.1.4.2.2 (p.VII-15), 7.1.5.2.2 (p.VII-26) e 7.1.6.2.2 (p.VII-40), já apresentadas no presente capítulo nas páginas citadas.

A terceira etapa é a formação dos mapas síntese de fragilidade ambiental para cada um dos indicadores. Para esta montagem foi utilizada a ferramenta de geoprocessamento de união espacial, onde os polígonos dos diferentes temas são somados conservando os atributos de cada tema, porém com a fusão dos polígonos dos diferentes temas conforme figura 7.3.2.

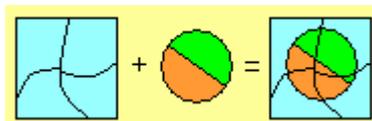


Figura 7.3.2 – Fusão de Polígonos

A seguir é apresentada a forma de configuração para cada componente síntese.

7.3.1 Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos

Para a montagem do mapa de fragilidade de recursos hídricos e ecossistemas aquáticos os valores das notas de cada indicador desse componente síntese foram multiplicados por um fator de ponderação definido (peso) e somados com os demais ao final por um processo de união espacial. O valor resultante indica o índice de fragilidade ambiental para este componente síntese, classificado em 5 classes distintas, conforme esquema abaixo..

$$FEA = ([V_AR] * [p_AR]) + ([V_BA] * [p_BA]) + ([V_IQA] * [p_IQA]) + ([V_MT] * [p_MT]) + ([V_RE] * [p_RE]) + ([V_VE] * [p_VE])$$

Onde:

FEA = Índice de Fragilidade Ecossistemas Aquáticos;

v_AR = Valor do Indicador de Áreas de Relevância para a Migração Reprodutiva;

p_AR = Fator de Ponderação pra o Indicador de Áreas de Relevância para a Migração Reprodutiva;

v_BA = Valor do Indicador de Biótipos Aquáticos;

p_BA = Fator de Ponderação para o indicador de Biótipos Aquáticos

v_IQA = Valor do Indicador de Índice de Qualidade da Água;

p_IQA = Valor do Indicador de Índice de Qualidade da Água;

v_MT = Valor do Indicador de Modelagem Topográfica;

p_MT = Fator de Ponderação para o indicador de Modelagem Topográfica;

v_RE = Valor do Indicador de Riqueza de Espécies de Peixes;

p_RE = Fator de Ponderação para o indicador de Riqueza de Espécies de Peixes;

v_VE = Valor do Indicador de Vazão Específica;

p_VE = Fator de Ponderação para o indicador de Vazão Específica.

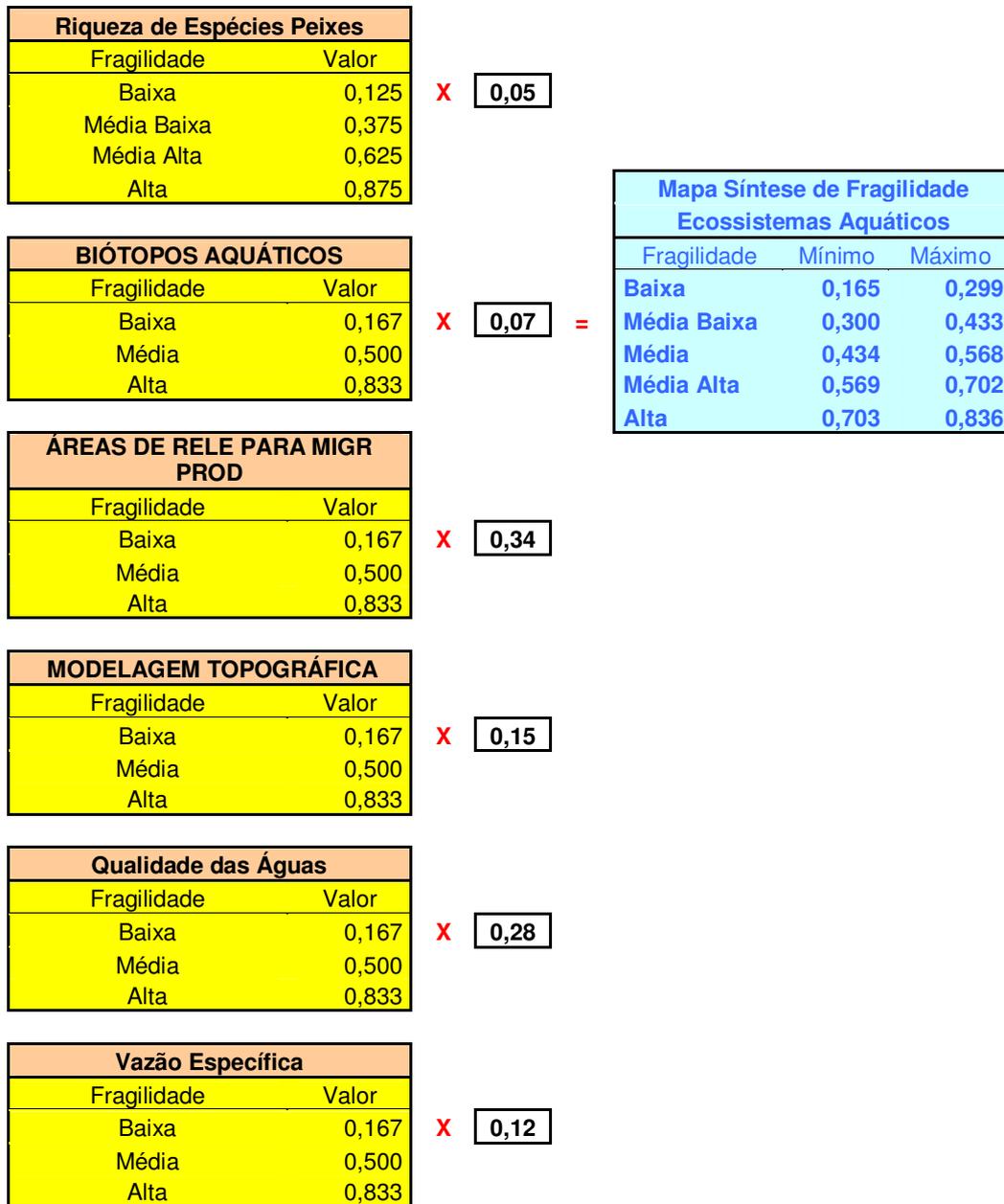


Figura 7.3.1.1 – Fluxograma resumo para a fragilidade de Recursos Hídricos e Ecosistemas Aquáticos

7.3.2 Meio Físico e Ecossistemas Terrestres

Para a montagem do mapa de fragilidade do meio físico e ecossistemas terrestres os valores das notas de cada indicador desse componente síntese foram multiplicados por um fator de ponderação definido (peso) e somados com os demais ao final por um processo de união espacial. O valor resultante indica o índice de fragilidade ambiental para este componente síntese, classificado em 5 classes distintas, conforme esquema abaixo..

$$FET = ([p_CTE] * [v_CTE]) + ([p_IEV] * [v_IEV]) + ([p_PHI] * [v_PHI]) + ([p_PRC] * [v_PRC]) + ([p_PUC] * [v_PUC]) + ([p_SES] * [v_SES]) + ([p_TRF] * [v_TRF])$$

Onde:

FET = Índice de Fragilidade de Ecossistemas Terrestres;

v_CTE = Valor do Indicador de Conectividade com Tensões Ecológicas;

p_CTE = Fator de Ponderação do Indicador de Conectividade com Tensões Ecológicas;

v_IEV = Valor do Indicador de Importância Ecológica da Cobertura Vegetal;

p_IEV = Fator de Ponderação para o indicador de Importância Ecológica da Cobertura Vegetal;

v_PHI = Valor do Indicador de Presença de Habitats Importantes para a Fauna;

p_PHI = Valor do Indicador de Presença de Habitats Importantes para a Fauna;

v_PRC = Valor do Indicador de Proximidade dos Remanescentes aos Cursos D'água;

p_PRC = Fator de Ponderação para o indicador de Proximidade dos Remanescentes aos Cursos D'água;

v_PUC = Valor do Indicador de Unidades de Conservação;

p_PUC = Fator de Ponderação para o indicador de Unidades de Conservação;

v_SES = Valor do Indicador de Susceptibilidade à Erosão dos Solos;

p_SES = Fator de Ponderação para o indicador de Susceptibilidade à Erosão dos Solos;

v_TRF = Valor do Indicador de Remanescentes Florestais;

p_TRF = Fator de Ponderação para o indicador de Remanescentes Florestais;

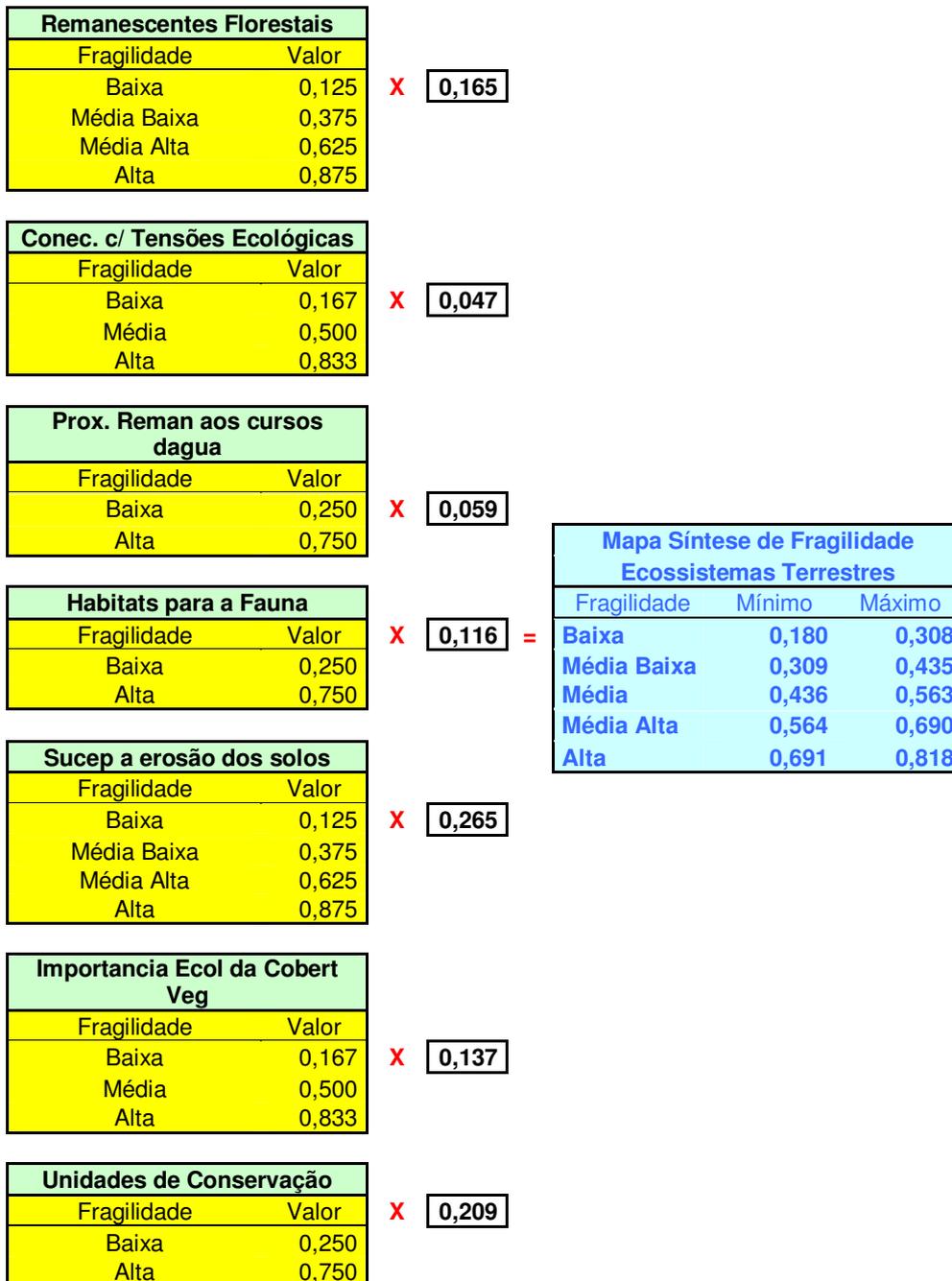


Figura 7.3.2.1 – Fluxograma resumo para a fragilidade de Meio Físico e Ecossistemas Terrestres

7.3.3 Meio Socioeconômico

Para a montagem do mapa de fragilidade socioeconômica os valores das notas de cada indicador desse componente síntese foram multiplicados por um fator de ponderação definido (peso) e somados com os demais ao final por um processo de união espacial. O

valor resultante indica o índice de fragilidade ambiental para este componente síntese, classificado em 5 classes distintas, conforme esquema abaixo.

$$FSE = ([v_AE] * [p_AE]) + ([v_CE] * [p_CE]) + ([v_CV] * [p_CV]) + ([v_DD] * [p_DD]) + ([v_EF] * [p_EF]) + ([v_SA] * [p_SA])$$

Onde:

FSE = Índice de Fragilidade Socioeconômica;

v_AE = Valor do Indicador de Atividades Econômicas;

p_AE = Fator de Ponderação pra o tema de Atividades Econômicas;

v_CE = Valor do Indicador de Comunidades Étnicas;

p_CE = Fator de Ponderação para o indicador de Comunidades Étnicas

v_CV = Valor do Indicador de Condições de Vida;

p_CV = Valor do Indicador de Condições de Vida;

v_DD = Valor do Indicador de Dinâmica Demográfica;

p_DD = Fator de Ponderação para o indicador de Dinâmica Demográfica;

v_EF = Valor do Indicador de Estrutura Fundiária;

p_EF = Fator de Ponderação para o indicador de Estrutura Fundiária;

v_SA = Valor do Indicador de Sítios Arqueológicos;

p_SA = Fator de Ponderação para o indicador de Estrutura Fundiária.

Dinâmica Demográfica	
Fragilidade	Valor
Baixa	0,250
Alta	0,750

X 0,11

+

Estrutura Fundiária	
Fragilidade	Valor
Baixa	0,167
Média	0,500
Alta	0,833

X 0,27

+

Condições de Vida	
Fragilidade	Valor
Baixa	0,167
Média	0,500
Alta	0,833

X 0,175

=

Mapa Síntese de Fragilidade Sócio Econômica		
Fragilidade	Mínimo	Máximo
Baixa	0,178	0,307
Média Baixa	0,308	0,436
Média	0,437	0,564
Média Alta	0,565	0,693
Alta	0,694	0,822

+

Atividades Econômicas	
Fragilidade	Valor
Baixa	0,125
Média Baixa	0,375
Média Alta	0,625
Alta	0,875

X 0,043

+

Sítios Arqueológicos	
Fragilidade	Valor
Baixa	0,250
Alta	0,750

X 0,039

+

Comunidades Étnicas	
Fragilidade	Valor
Baixa	0,167

X 0,363

Média	0,500
Alta	0,833

Figura 7.3.3.1 – Fluxograma resumo para a fragilidade de Meio Socioeconômico

7.3.4 Criticidade Ambiental

A última etapa foi a formação do mapas síntese de Criticidade Ambiental. Para esta montagem foi utilizada a ferramenta de geoprocessamento de união espacial, onde os polígonos dos diferentes temas são somados conservando os atributos de cada tema, porém com a fusão dos polígonos dos diferentes temas conforme figura 7.3.4.1.

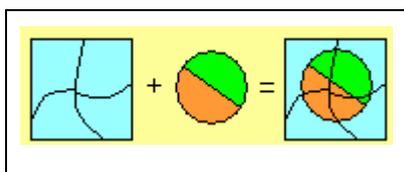


Figura 7.3.4.1 - Esquema de fusão dos polígonos

Para a montagem do mapa de Criticidade Ambiental os valores das notas de cada tema foram multiplicadas por um fator de ponderação (peso) definido através de mesa de discussão entre os coordenadores do trabalho, que entenderam que a ponderação que melhor retrataria a importância de cada componente-síntese dentro do objetivo aqui proposto, ou seja, de avaliar a fragilidade dos ambientes para a inserção de aproveitamentos hidrelétricos seria a proporção de 0,4 para “recursos hídricos e ecossistemas aquáticos”, 0,3 para “meio físico e ecossistemas terrestres” e 0,3 para “meio socioeconômicos”. Esses pesos retratariam uma importância maior ao “recursos hídricos e ecossistemas aquáticos”, sem menosprezar os demais componentes-síntese que também têm a sua importância.

Desse modo, os temas foram cruzados entre si por um processo de união espacial, sendo que o valor resultante indicava o índice de criticidade ambiental, que foi classificado em 4 faixas de criticidades distintas, conforme esquemas apresentados a seguir:

$$CTRAMB = ([FEA] * 0.4) + ([FET] * 0.3) + ([FSE] * 0.3)$$

Onde:

CTRAMB = Índice de Criticidade Ambiental;
 FEA = Índice de Fragilidade de Ecossistemas Aquáticos;
 FET = Índice de Fragilidade de Ecossistemas Terrestres;
 FSE = Índice de Fragilidade Sócio Econômico.

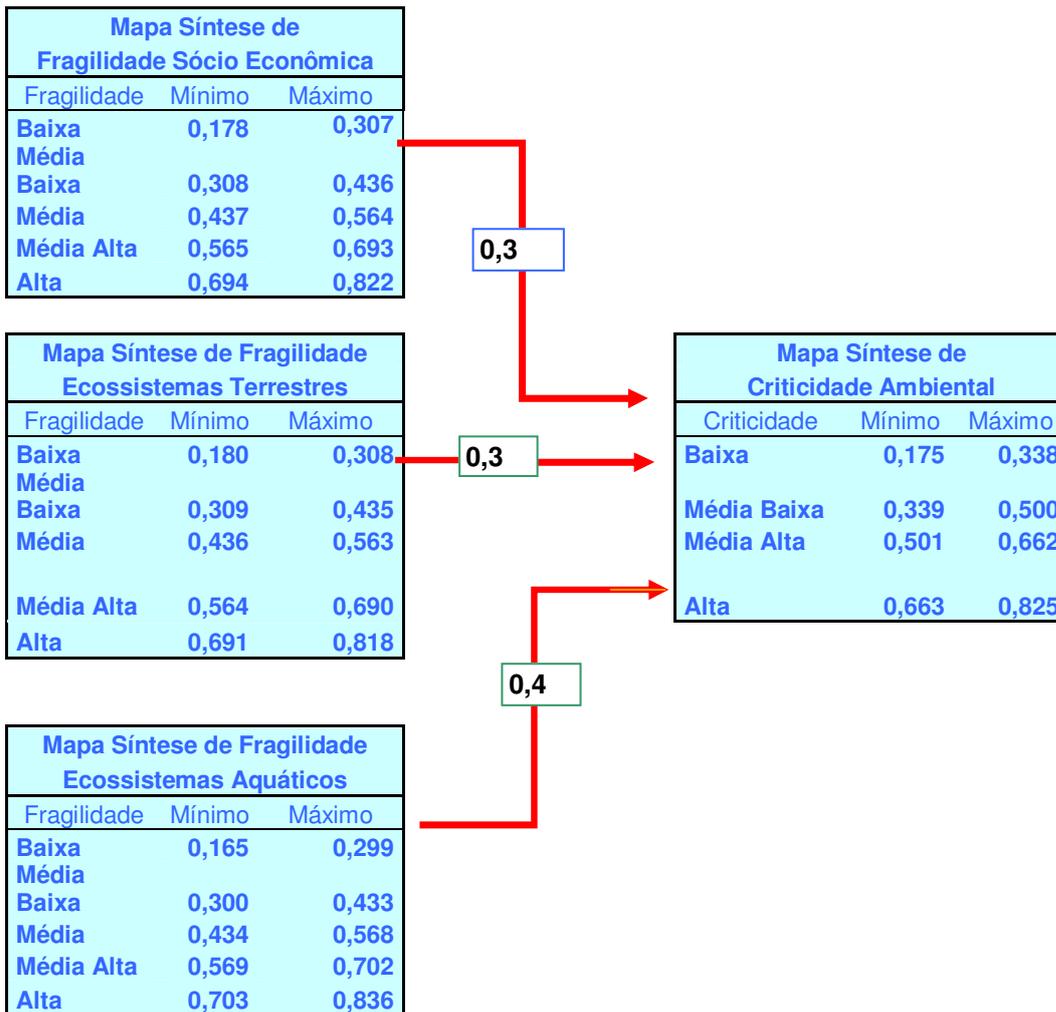
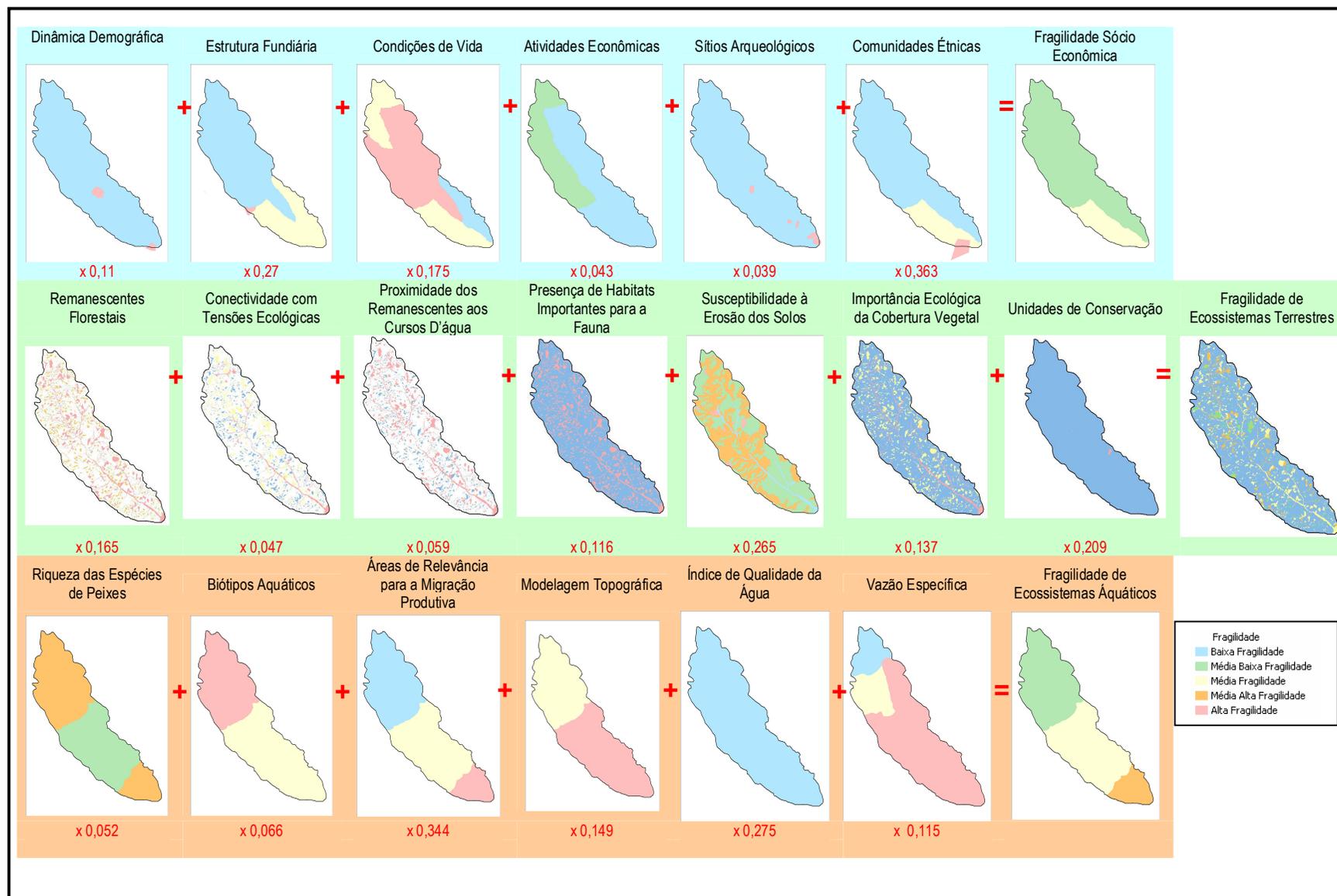


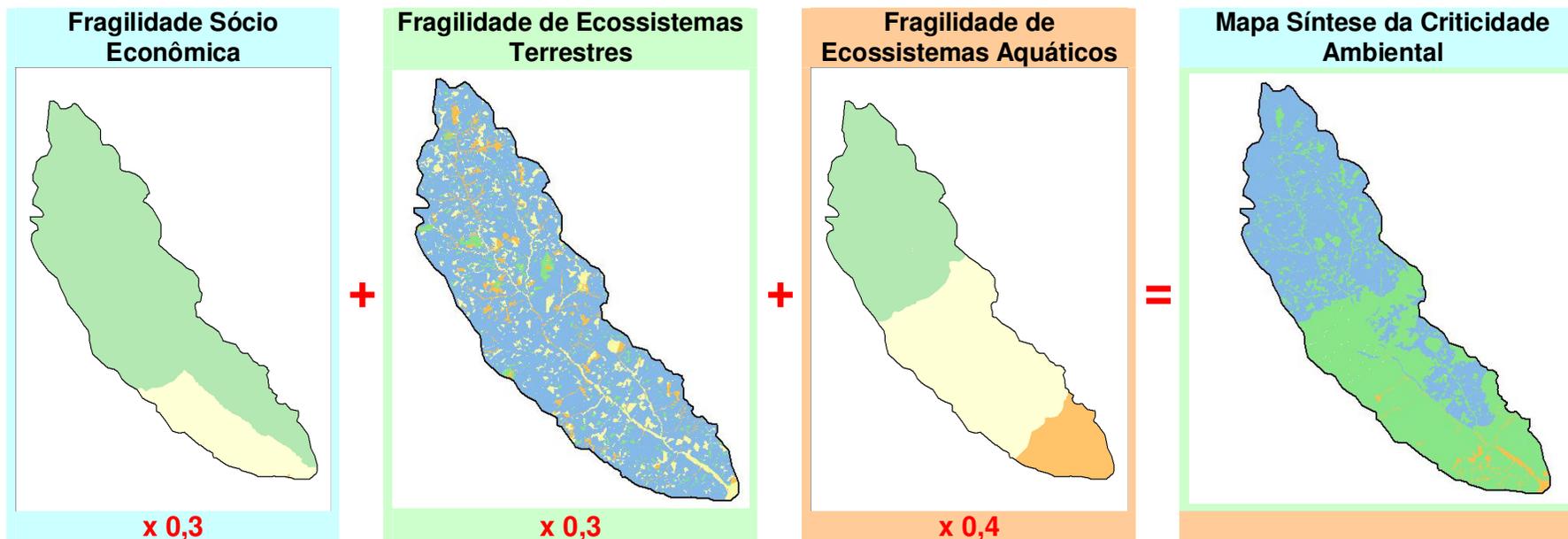
Figura 7.3.4.2 - Fluxograma resumo para criticidade ambiental obtida de acordo com critérios técnicos

Ou seja, os polígonos que apresentaram criticidade entre 0,175 e 0,338 (os valores mínimos possíveis) seriam classificados como criticidade baixa. Entre 0,339 e 0,500 seriam considerados média baixa, entre 0,501 e 0,662 seriam considerados média alta e entre 0,663 e 0,825 seriam considerados alta criticidade.

As figuras apresentadas a seguir ilustram resumidamente cada mapa dos indicadores, assim como os resultantes de fragilidade e a síntese da criticidade.

No item 7.3.5, apresentado a seguir, são demonstradas três simulações de cenários para subsidiar o órgão ambiental e demais interessados nesse estudo de modo a verificar como seria o resultado da criticidade caso a prioridade fosse estrategicamente definida para alguns dos componentes-síntese em relação aos demais.





7.3.5 Simulação de Cenários

Conforme abordado anteriormente, após a conclusão do mapa de criticidade com a atribuição de pesos que a equipe técnica considerou como mais adequada para o objetivo do presente estudo, verificou-se através de reunião com a equipe técnica do IMASUL que diferentes organizações e entidades poderiam ter a curiosidade de saber como ficariam essa mapa de criticidade ambiental caso a atribuição de pesos estrategicamente optasse por priorizar, de forma deliberada, um dos componentes-sínteses.

Desse modo, o presente item apresenta como foi feita essa simulação de cenários para priorizar cada um dos componentes-síntese. Cada componente-síntese em foco recebeu, na simulação, o peso 0,5, ficando os outros dois componentes-sínteses com pesos 0,25 cada um.

A seguir são apresentados uma descrição dos resultados apresentados nas simulações, com os respectivos fluxogramas e figuras para ilustrar cada uma delas, cujos resultados podem ser mais bem visualizados nos mapas dispostos no volume IV do presente estudo.

7.3.5.1 Foco no Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos

Trata-se da simulação que apresentou o resultado mais parecido com o resultado obtido pelos critérios técnicos, pois os recursos hídricos e ecossistemas aquáticos, por sua importância reconhecida dentro desse estudo, já tinham um peso maior.

O resultado apresentou maior número de polígonos na parte baixa da sub-bacia do rio Verde classificada como criticidade média alta.

As áreas de média baixa criticidade ficaram bem concentradas no trecho médio da sub-bacia do rio Piquiri assim como nas margens dos principais rio e córregos. As áreas de baixa fragilidade ficaram mais restritas às áreas do trecho alto dessa sub-bacia, em terras mais afastadas dos cursos d'água.

O fluxograma apresentado a seguir ilustra os pesos considerados nessa simulação.

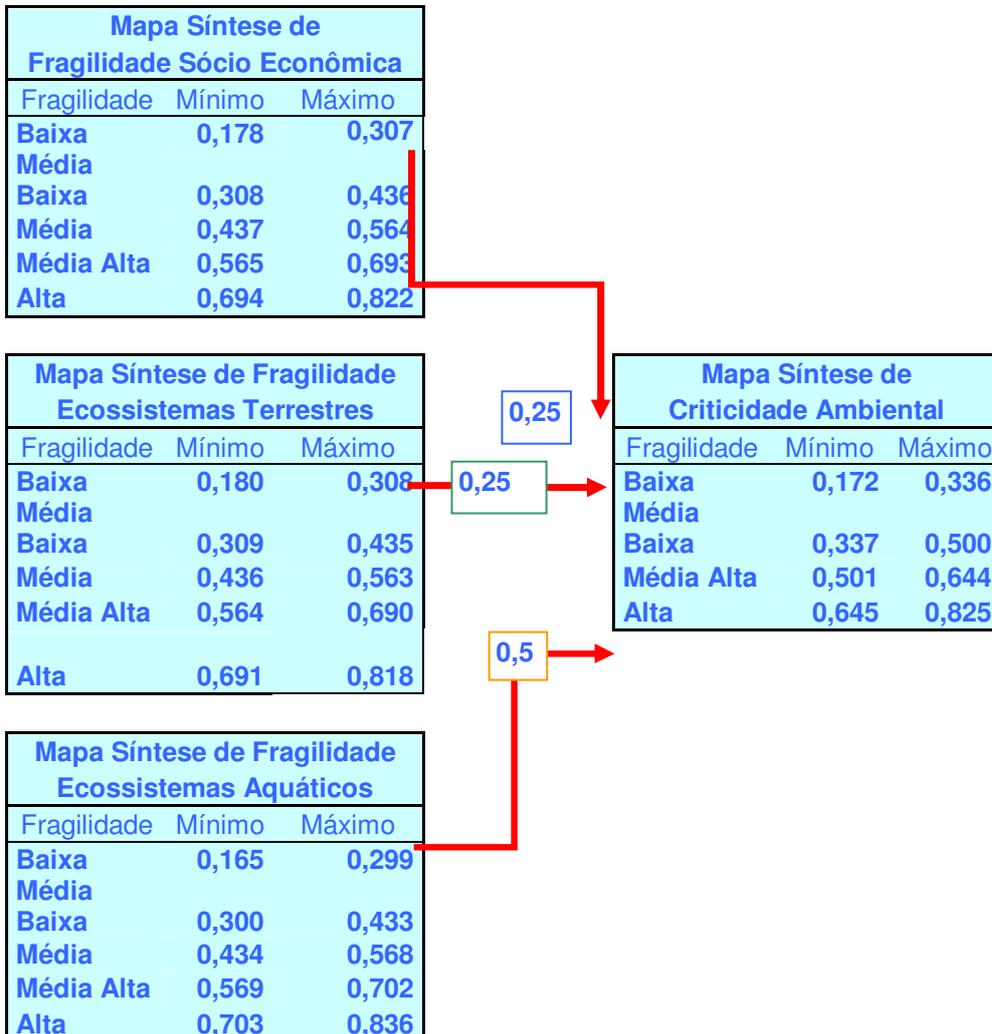


Figura 7.3.5.1.1 – Fluxograma resumo para a simulação com peso nos Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos

7.3.5.2 Foco no Meio Físico e Ecossistemas Terrestres

Trata-se da simulação que apresentou maior número de polígonos, com predomínio do baixo nível de criticidade. Trecho de criticidade média alta ficaram mais restritos à apenas algumas áreas.

As áreas de baixa criticidade acabaram refletindo todas aquelas regiões que já foram antropizadas, ou seja, o ambiente natural já sofreu grandes alterações, cedendo espaço para reflorestamentos, pastagens e agriculturas. Como o impacto de eventuais reservatórios sobre essas áreas é menor do que aquelas que mantêm espécies nativas, de modo geral acabou predominando áreas de baixa criticidade.

Entretanto, vale a pena frisar que as regiões com média baixa e média alta criticidade localizam-se, justamente, próxima aos principais recursos hídricos, onde ainda resistem espécies nativas da flora e da fauna.

O fluxograma apresentado a seguir ilustra os pesos considerados nessa simulação

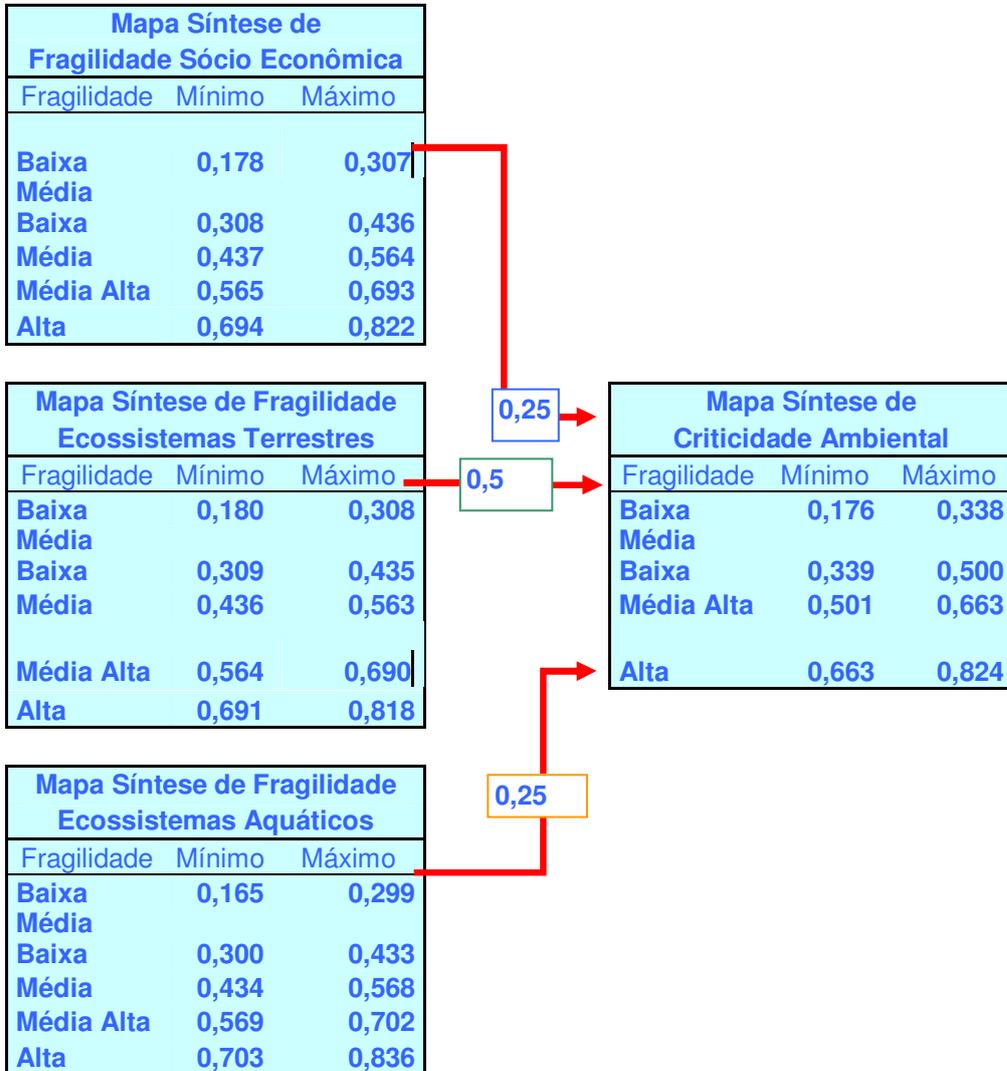


Figura 7.3.5.2.1 – Fluxograma resumo para a simulação com peso no Meio Físico e Ecossistemas Terrestres

7.3.5.3 Foco no Meio Socioeconômico

Trata-se da simulação que apresentou o resultado muito semelhante com aquele onde o componente-síntese meio físico e os ecossistemas terrestres foi priorizado. A principal alteração foi que praticamente toda área do município de Brasilândia acabou ficando com média-baixa criticidade de forma mais homogênea, resultado proveniente de maior fragilidade desse município inteiro em alguns dos indicadores do meio socioeconômico.

Destaca-se também que toda a sede urbana de Água Clara acabou recebendo maior destaque, ficando na categoria média-baixa criticidade e não na baixa criticidade como quando o resultado priorizou algum dos outros componentes-sínteses.

O fluxograma apresentado a seguir ilustra os pesos considerados nessa simulação .

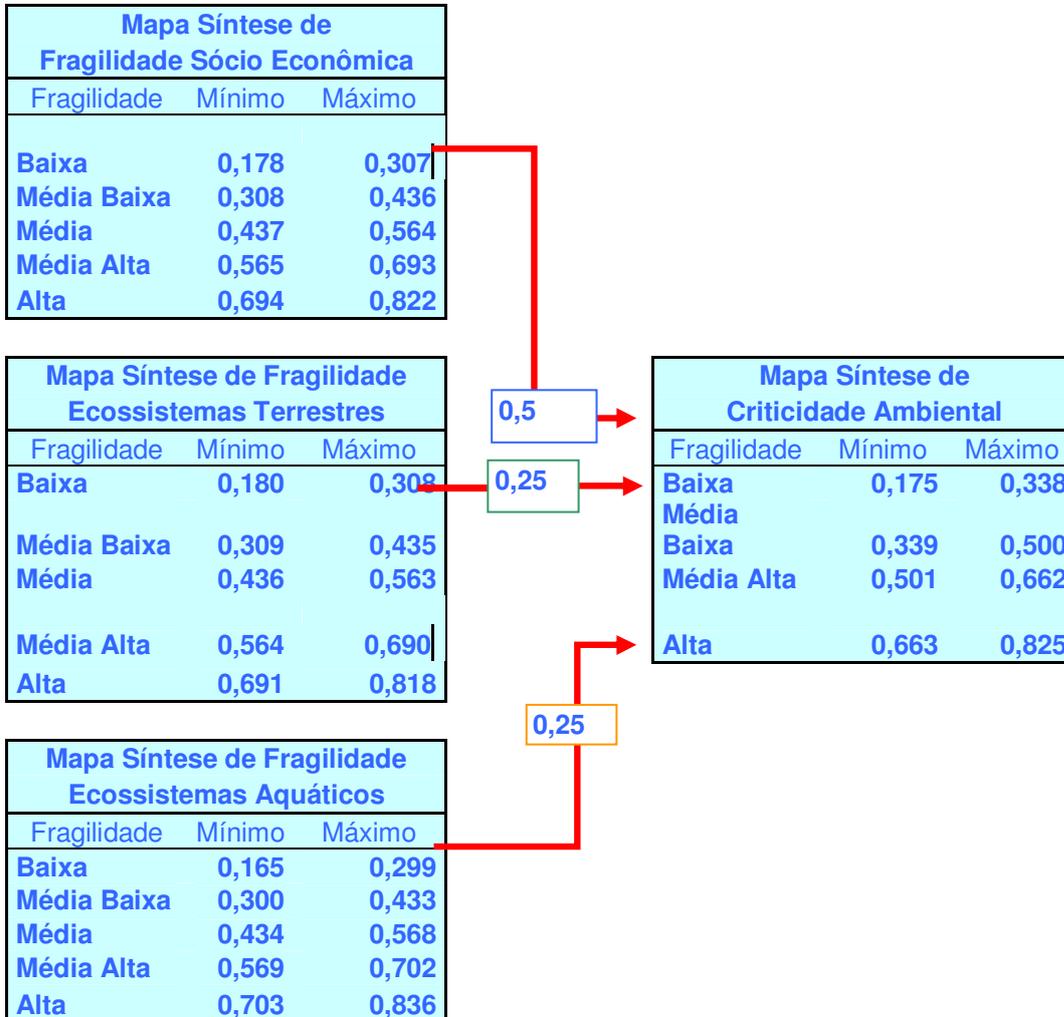


Figura 7.3.5.3.1 – Fluxograma resumo para a simulação com peso no Meio Socioeconômico

7.3.5.4 Resumo dos resultados das simulações

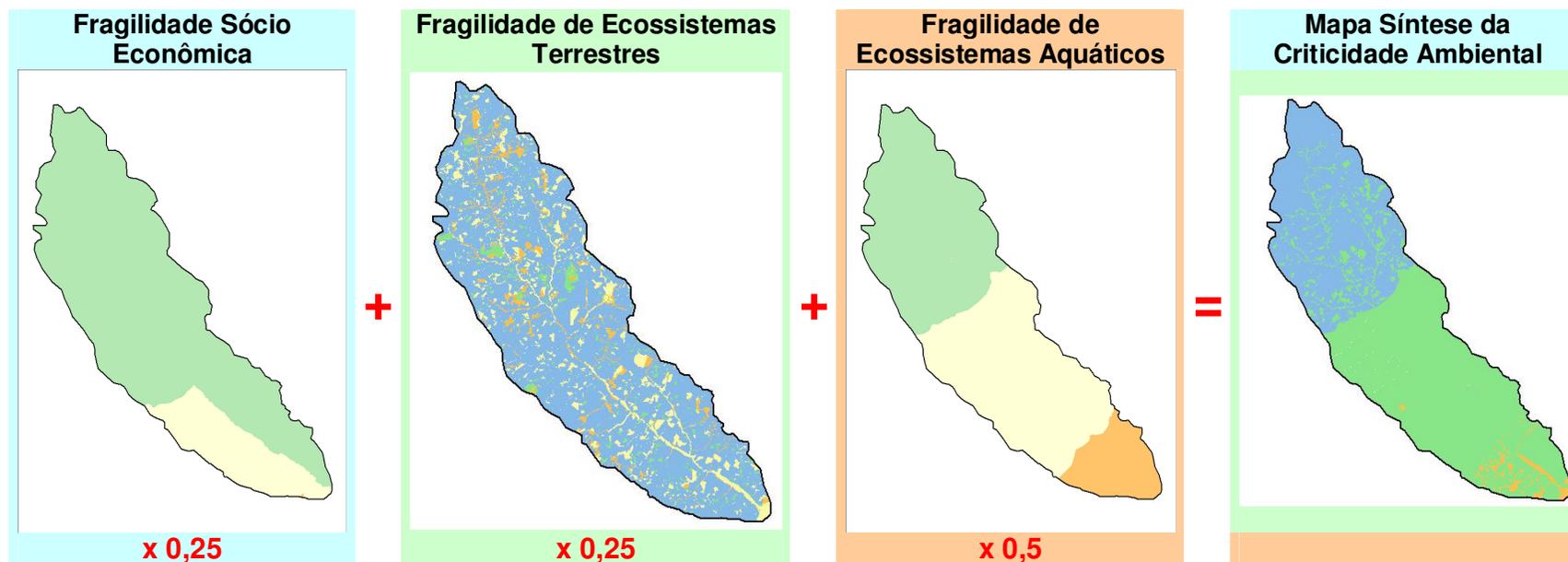


Figura 7.3.5.4.1 – Resumo da simulação com foco no componente-síntese recursos hídricos e ecossistemas aquáticos

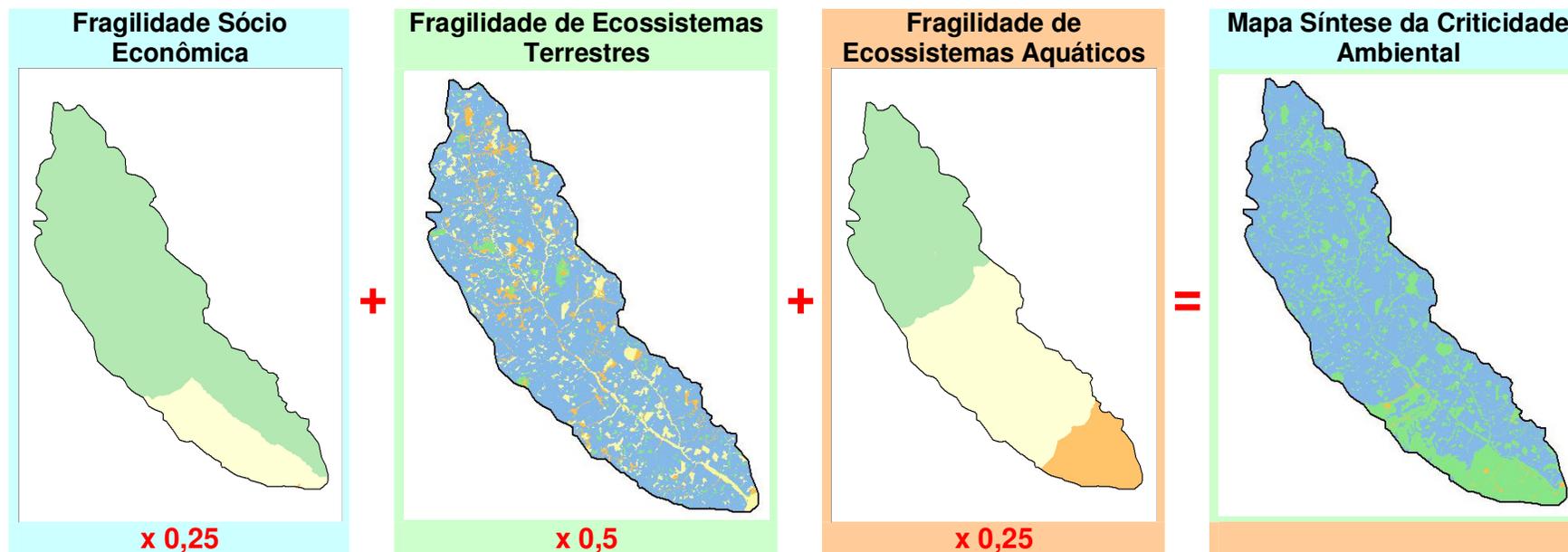


Figura 7.3.5.4.2 – Resumo da simulação com foco no componente-síntese meio físico e ecossistemas terrestres

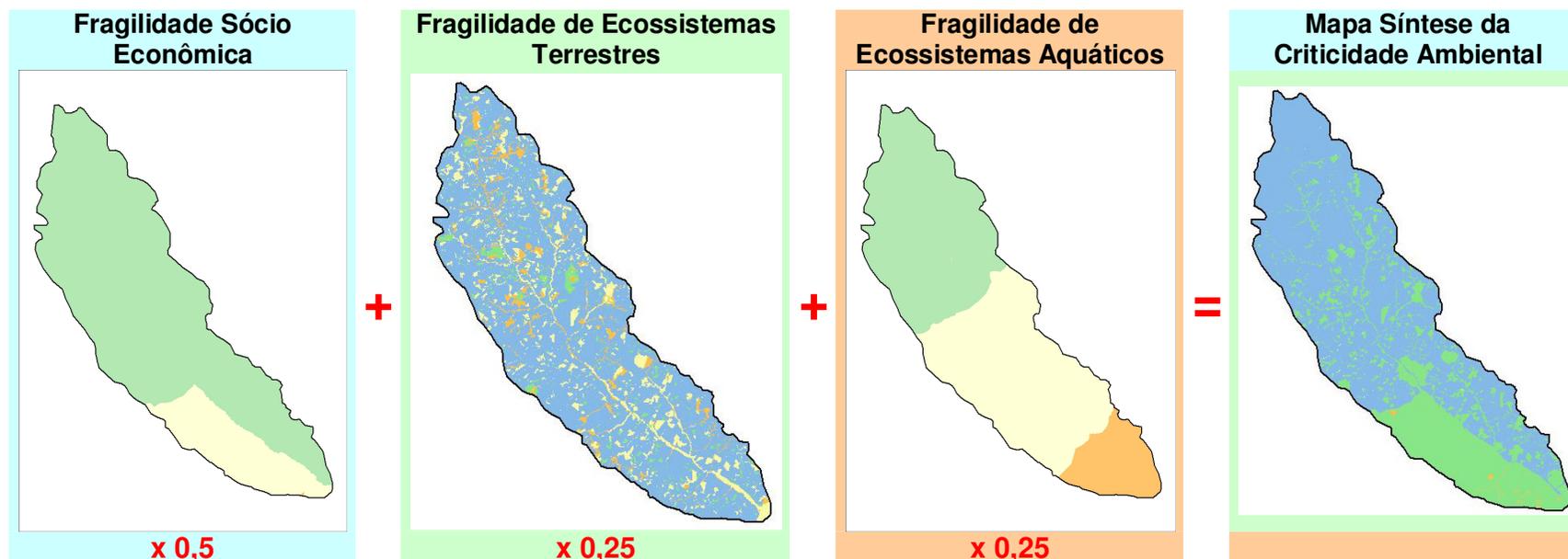


Figura 7.3.5.4.3 – Resumo da simulação com foco no componente-síntese meio socioeconômico