

ANÁLISE DE VARIÁVEIS APLICADA À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS – CASO DE ESTUDO DA MICROBACIA DO CÓRREGO BREJO COMPRIDO, TO.

Rávila Marques de Souza¹ & Fernán Enrique Vergara Figueroa²

RESUMO – Este trabalho teve como objetivo apresentar aplicação da metodologia de análise estrutural MICMAC (Matriz de impactos Cruzados – Multiplicação aplicada a Classificação) em uma bacia hidrográfica, verificando quais as principais variáveis e como elas se relacionam entre si e com o ambiente externo ao dos recursos hídricos e definindo uma relação “ideal” de influência entre variáveis que possibilite a melhor gestão dos recursos hídricos nessa microbacia. Sendo que, a região escolhida para estudo de caso foi a Microbacia do Córrego Brejo Comprido, localizada no município de Palmas – TO. Este artigo apresenta os resultados da matriz real e da matriz “ideal” proposta para a microbacia, assim como, algumas ações propostas para melhorar o gerenciamento desse sistema hídrico.

ABSTRACT –The main objective to present the application of the structural analysis MICMAC (Cross Impact Matrix – Multiplication applied to Classification) in a watershed, verifying which are the main variable and how they interact between them and how the outside environment to the water resources and defining an ideal relationship influence between variables that can improve the water resources management in this micro watershed. There so, the chosen place to the case studies was the Córrego Brejo Comprido micro watershed, in Palmas City- TO. This article presents the results of the real matrix and the ideal matrix proposed to the micro watershed, as well, some actions to the management water resources system improve.

Palavras-chave: Análise Estrutural; MICMAC, Gestão de Recursos Hídricos

¹ Graduanda do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas, e-mail: ravila.marques@yahoo.com.br

² Professor Doutor do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas, e-mail: vergara@uft.edu.br

1 – INTRODUÇÃO

Com o crescente desenvolvimento econômico e crescimento populacional mundial, a demanda por água se torna cada vez maior. Sendo esse um recurso finito, pode existir uma tendência em que ocorra a exaustão das reservas de água de boa qualidade, inviabilizando determinados usos mais nobres, como o abastecimento humano e a produção de alimentos.

Dada a importância dos recursos hídricos para as mais variadas atividades, se faz necessário um entendimento mais amplo do comportamento das variáveis que influenciam as condições, tanto em quantidade quanto em qualidade, em que pode-se encontrar os recursos hídricos, tentando assim evitar situações de conflito pelo uso da água. Para a compreensão do comportamento destas variáveis, Godet (1993) apresenta a metodologia de análise estrutural MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados – Multiplicação aplicada à Classificação).

A análise estrutural se baseia no conceito de sistema, o objetivo é estudar as relações entre as variáveis que compõem o sistema, para, a partir disso, compreender sua dinâmica. Para isso, usa uma matriz de análise estrutural, que relaciona todos os elementos do sistema, destacando as variáveis internas e externas que formam o sistema-objeto. Nesse caso, o sistema é composto pelos recursos hídricos.

Em se tratando de Gestão dos Recursos Hídricos, as variáveis internas que compõe um sistema-objeto podem ser caracterizadas pelos usos dos recursos hídricos e seus respectivos usuários que são os que caracterizam a demanda pelos recursos hídricos dentro do sistema, o sistema institucional responsável pela Gestão dos Recursos Hídricos, nos âmbitos Federal, Estadual e de bacias, faz parte do sistema interno, também, as variáveis físicas, como as geológicas, hidrológicas e climatológicas, ou seja, as variáveis que irão indicar o estado ecológico e a disponibilidade hídrica da região de estudo.

As variáveis externas se caracteriza por aqueles sistemas que interagem, de alguma forma, com o sistema hídrico em estudo. Aqui, pode-se citar o sistema econômico, que influencia diretamente o desempenho dos usuários e, conseqüentemente, na demanda por água, o sistema político, que elabora as políticas setoriais que podem favorecer ou não determinados setores usuários, o sistema legal, que elabora leis que não necessariamente estão relacionadas com os recursos hídricos, mas podem gerar algum tipo de impacto sobre eles, a sociedade civil, que pode considerar os recursos hídricos como um recurso a ser preservado ou a ser explorado de forma mais intensa e, também, o sistema de meio ambiente, esse último podendo ser representado, principalmente, pelo uso e ocupação do solo que, dependendo de como ocorrerá, pode provocar sérios impactos aos corpos hídricos.

A metodologia descrita por Godet pode ser utilizada em duas situações, a primeira, como colocado anteriormente, pode descrever de uma forma bem abrangente o sistema hídrico em estudo, e as relações de influência entre suas variáveis internas e as externas. Outra forma de utilizar essa metodologia é, a partir dessas relações, determinar uma situação adequada de influência entre variáveis que proporcione uma gestão adequada dos recursos hídricos e com isso delinear possíveis ações estratégicas que podem levar a essa condição de uso mais adequados dos recursos hídricos.

Com a finalidade de explorar o tema apresentado, o presente trabalho apresenta o caso de estudo da Microbacia do Córrego Brejo Comprido localizada no município de Palmas, Estado do Tocantins. Foi utilizado o aplicativo MICMAC, desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa em Estratégia Prospectiva e Organizacional (LIPSOR, 2004), com o objetivo de verificar o estado atual sistema hídrico e propor uma condição “ideal” considerada plausível para uma gestão adequada dos recursos hídricos nessa microbacia.

2 – METODOLOGIA MICMAC DE ANÁLISE ESTRUTURAL

Para o método de análise estrutural MICMAC, selecionam-se as variáveis consideradas mais importantes para a descrição do sistema-objeto (Vergara;Cordeiro Netto, 2007). O método MICMAC permite uma hierarquização dessas variáveis em função da influência direta e indireta que cada variável exerce sobre outra. Para isso, é necessário que seja feito uma seleção das variáveis consideradas mais importantes para a descrição do sistema, ou seja, aquelas que melhor o descrevem.

A análise da influência direta e indireta entre as variáveis, se da conforme o esquema apresentando na Figura 1. Desta forma, pode-se dizer que toda a mudança afetando a variável (a) pode ter repercussão sobre a variável (c), ocorrendo, com isso, uma relação de influência indireta entre (a) e (c), passando pela variável (b).

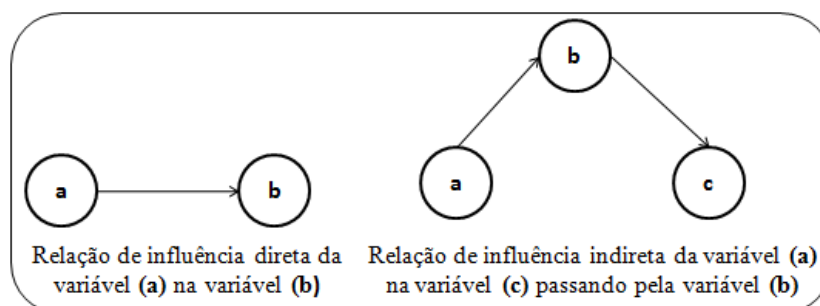


Figura 1 - Relação direta e indireta de variáveis pelo método MICMAC, adaptado de Godet (1993).

Outra informação que pode ser obtida por meio do método MICMAC é o a classificação de variáveis, que podem ser (Vergara, 2007):

- Motrizes: são variáveis de força, que regem os acontecimentos futuros. Têm alta motricidade (capacidade de influenciar o sistema) e baixa dependência (capacidade de ser influenciada pelo comportamento de outras variáveis do sistema);
- Dependentes: são aquelas que sofrem influência das variáveis motrizes; seu comportamento vai depender do desempenho das motrizes. Têm baixa motricidade e alta dependência;
- De Ligação: variáveis que, ao mesmo tempo, têm alta motricidade e alta dependência, ou seja, têm ao mesmo tempo capacidade de influenciar e serem influenciadas pelo sistema. Sistemas com um grande número de variáveis de ligação tendem a serem instáveis. Têm alta motricidade e alta dependência;
- Independentes: São aquelas de baixa motricidade e baixa dependência, que acabam por não influenciar o sistema. Em certos casos, podem até ser desconsideradas da análise.

O preenchimento da matriz estrutural é realizado da seguinte forma, com valores 1, 2 ou 3, quando há ocorrência da influência da variável coluna sobre a variável linha (sendo esta respectivamente, influência fraca, influência média e influência forte), ficando com zero (0) quando não for identificada qualquer influência (Bodini *et al.*, 2002).

A matriz é preenchida da linha para a coluna em que é indicada a influência que a variável da linha exerce nas variáveis das colunas. A diagonal principal é sempre nula uma vez que não se considera a influência da variável sobre ela mesma. Nessa primeira matriz, é possível captar, apenas, as influências diretas entre as variáveis. Ressalta-se que, a matriz estrutural tem forma quadrática, ou seja, as variáveis são confrontadas com elas mesmas.

Para a identificação das relações de influência direta do sistema, somam-se os valores as linhas e das colunas. O valor das linhas indica a força que essa variável exerce no sistema, ou seja, quanto maior o valor, maior é a motricidade da variável. O valor das colunas indica o grau de dependência da variável, quanto maior o valor, maior é a influência que essa variável recebe do sistema.

Para verificação das relações de influência indireta entre as variáveis, realizam-se multiplicações sucessivas da matriz de influência direta. Passa-se a considerar a influência de uma variável sobre si mesma e as influências indiretas obtidas pela elevação da matriz ao quadrado, ao cubo, a quarta a quinta etc. potências até as classificações em linhas e colunas se tornarem estáveis (Leite, 2004). A classificação das variáveis segue o mesmo procedimento utilizado na influência direta.

Define-se, então, os pontos médios de motricidade (PM), dado pela média entre o maior valor de motricidade e o menor valor de motricidade. Da mesma forma, é determinado o ponto médio de dependência (PD), dado pela média do maior valor de dependência e pelo menor valor de dependência (Vergara, 2007).

A classificação das variáveis das variáveis em motrizes, dependentes, de ligação ou independentes é feita com o mapa de motricidade/dependência, como pode ser visto na Figura 2.

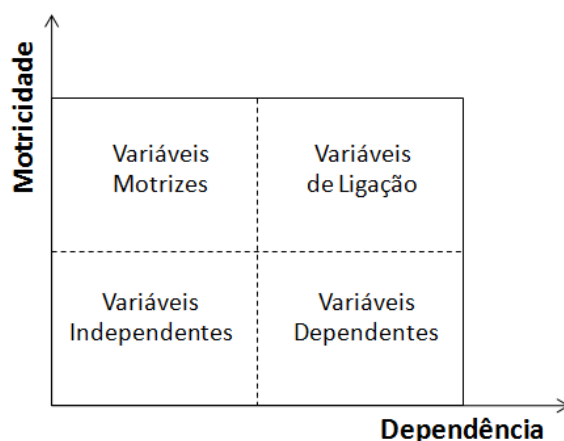


Figura 2 - Mapa de motricidade/dependência, adaptado de Iarozinski (2007).

Variáveis com valores de motricidade acima do ponto médio de motricidade são consideradas de alta motricidade e variáveis com valores abaixo do ponto de motricidade são consideradas de baixa motricidade. Da mesma forma, para as variáveis com dependência. Com a definição de alta e baixa motricidade e dependência, classificam-se as variáveis conforme apresentado anteriormente (Vergara, 2007).

De posse dos resultados da influência direta e indireta, analisa-se o comportamento das variáveis nessas duas situações. Essa análise é feita comparando os mapas de influência/dependência direta e indireta.

A comparação entre as classificações direta e indireta permite confrontar as duas hierarquias das variáveis, possibilitando a reorganização do grau de importância de cada variável no sistema em estudo. Essa comparação, também, confirma a importância de certas variáveis e revela outras consideradas pouco importantes, mas que podem desempenhar, por meio de influências indiretas, um papel essencial ao funcionamento do sistema.

Faz-se uso do aplicativo de mesmo nome da metodologia (MICMAC), é umas das ferramentas que compõem o conjunto de instrumentos proposto pelo LISPOR, baseada na visão de Michael Godet. Esse centro de pesquisa, está ligado ao Departamento de Prospectiva Industrial e ao Departamento de Desenvolvimento de Sistemas Organizacionais do *Conservatoire National des Arts et Métiers* (CNAM) em Paris, França.

ESTUDO DE CASO: MICROBACIA DO CÓRREGO BREJO COMPRIDO – TO

Caracterização da área em estudo

A Microbacia do Córrego Brejo Comprido apresenta aproximadamente dois terços de sua área inserida em área urbana e um terço em área rural, determinando dessa forma os diferentes tipos de uso da água em função do uso e ocupação do solo. Drena uma área 56,4 Km² o que corresponde 2,52% do município que integra a microbacia em análise.

Está localizada entre as coordenadas UTM 800086 e 787670 de latitude Sul e 8869121 e 8874527 de longitude Oeste no Município de Palmas. A Figura 3 apresenta a localização da Microbacia do Córrego Brejo Comprido e de seus principais usos da água.

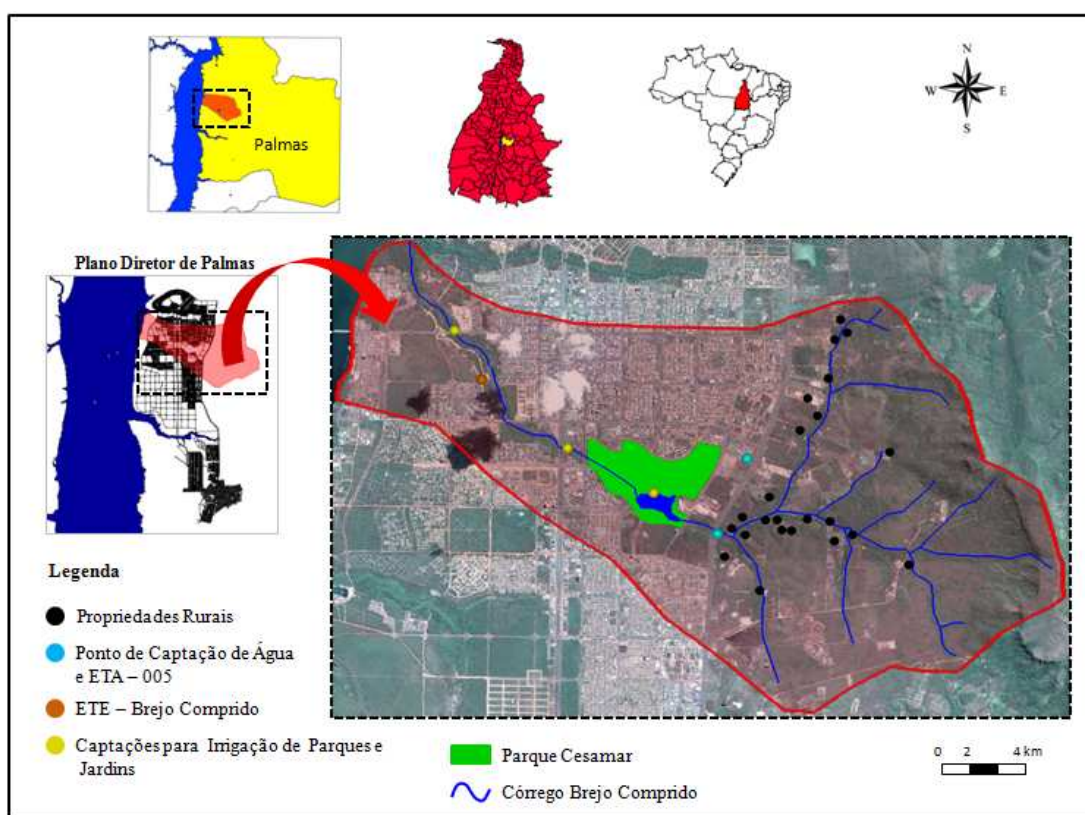


Figura 3 – Localização da Microbacia do Córrego Brejo Comprido.

O principal curso d'água da microbacia é o Córrego Brejo Comprido este nasce próximo ao pé da Serra do Lajeado, corta o Plano Diretor de Palmas no sentido Leste-Oeste e deságua no reservatório da UHE – Luís Eduardo Magalhães.

O Córrego Brejo Comprido conta com várias construções próximas às áreas de preservação permanente sendo as principais o Parque Cesamar, Estação de Captação e Tratamento de Água, ETA – 005 e uma Estação de Tratamento de Esgoto, ETE – Brejo Comprido, ambas da Companhia de Saneamento do Tocantins. Na área rural da microbacia, de acordo com a Secretaria de Meio Ambiente e Serviços Públicos, existem 23 propriedades rurais (TOCANTINS, 2011).

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Matriz do estado atual da Microbacia do Córrego Brejo Comprido

Para a análise estrutural desse caso de estudo, após a elaboração e análise de um diagnóstico da microbacia, foram selecionadas nove variáveis para descrição do sistema hídrico e suas principais interações. A Tabela 1 apresenta as variáveis e uma rápida descrição das mesmas.

Tabela 1 - Relação das variáveis para análise estrutural da matriz real da Microbacia do Córrego brejo.

Variável	Descrição	Tema
1 - Demanda por Água	Representada pela quantidade de água necessária para sustentação dos diferentes usos consuntivos e não consuntivos.	Variável interna
2 - Qualidade da Água	Representada pela condição físico-químico-biológico do corpo hídrico.	Variável interna
3 - Quantidade de Água Superficial Disponível	Representada pelo regime de disponibilidade quantitativa (natural) de água superficial.	Variável interna
4 – Sistema de Tratamento de Esgoto	Representada pelo serviço de saneamento ambiental	Variável interna
5 – Abastecimento de Água	Representada pelo serviço de abastecimento populacional e comercial.	Variável interna
6 – Irrigação de Parques e Jardins	Representada pelo serviço de manutenção de jardins e parques da cidade	Variável interna
7 – Agricultura Irrigada	Representada pela produção de culturas comerciais.	Variável interna
8 – Atividade de Recreação e Lazer	Representada pelas condições qualitativas dos recursos hídricos necessários para recreação e lazer.	Variável interna
9 - Dinâmica de Uso e Ocupação do solo	Representada pela dinâmica de uso e ocupação da terra (urbanização, produtores)	Variável externa

Como apresentado na metodologia, foi utilizada uma escala de zero a três que indica a intensidade da influência de uma variável sobre outra. Sendo assim, dada as características de cada variável, atribui-se um valor. A Figura 4 apresenta o resultado da matriz de influência direta.

	1 : Dem_Água	2 : Qual_Água	3 : QtAg_Super	4 : Sist_Esg	5 : Abs_Água	6 : Ir_Parq_Ja	7 : Agr_Irrig	8 : At_Rec_Laz	9 : Uso_Ocup
1 : Demanda por Água	0	3	3	3	2	2	1	0	0
2 : Qualidade da Água	0	0	0	0	3	0	2	3	0
3 : Quantidade de Água	3	2	0	3	0	3	1	1	2
4 : Sistema de Tratamento de Esgoto	1	3	0	0	2	2	1	3	0
5 : Abastecimento de Água	1	1	3	0	0	0	0	0	0
6 : Irrigação de Parques e Jardins	3	2	3	3	0	0	0	0	0
7 : Agricultura Irrigada	1	1	1	1	0	0	0	0	2
8 : Atividade de Recreação e Lazer	0	2	0	0	0	0	0	0	0
9 : Dinâmica de Uso e Ocupação	2	2	2	3	2	0	2	0	0

Figura 4 - Matriz de influência direta para a região da Microbacia do Córrego Brejo Comprido.

A Figura 5 mostra o resultado da matriz de influência indireta após três interações. É considerada a influência indireta entre duas variáveis através de uma ou mais variáveis. A Figura 6 apresenta o mapa de motricidade e dependência indireta para região da microbacia.

	1: Dem_Água	2: Qual_Água	3: QtAg_Super	4: Sist_Esg	5: Abs_Água	6: Ir_Parq_Ja	7: Agr_Irrig	8: At_Rec_Laz	9: Uso_Ocup
1: Demanda por Água	1431	2186	1446	1571	1508	1195	1111	1486	582
2: Qualidade da Água	417	696	527	453	403	275	272	356	142
3: Quantidade de Água	1608	2528	1791	1835	1638	1205	1197	1497	604
4: Sistema de Tratamento de Esgoto	836	1307	949	956	851	591	615	758	296
5: Abastecimento de Água	696	1101	717	771	754	619	551	750	294
6: Irrigação de Parques e Jardins	1283	2055	1333	1479	1391	1150	1032	1336	554
7: Agricultura Irrigada	736	1138	776	841	760	591	566	712	292
8: Atividade de Recreação e Lazer	86	102	46	120	110	94	96	100	44
9: Dinâmica de Uso e Ocupação	1280	2041	1349	1468	1376	1108	1009	1308	530

Figura 5 - Matriz de influência indireta para a região da Microbacia do Córrego Brejo Comprido.

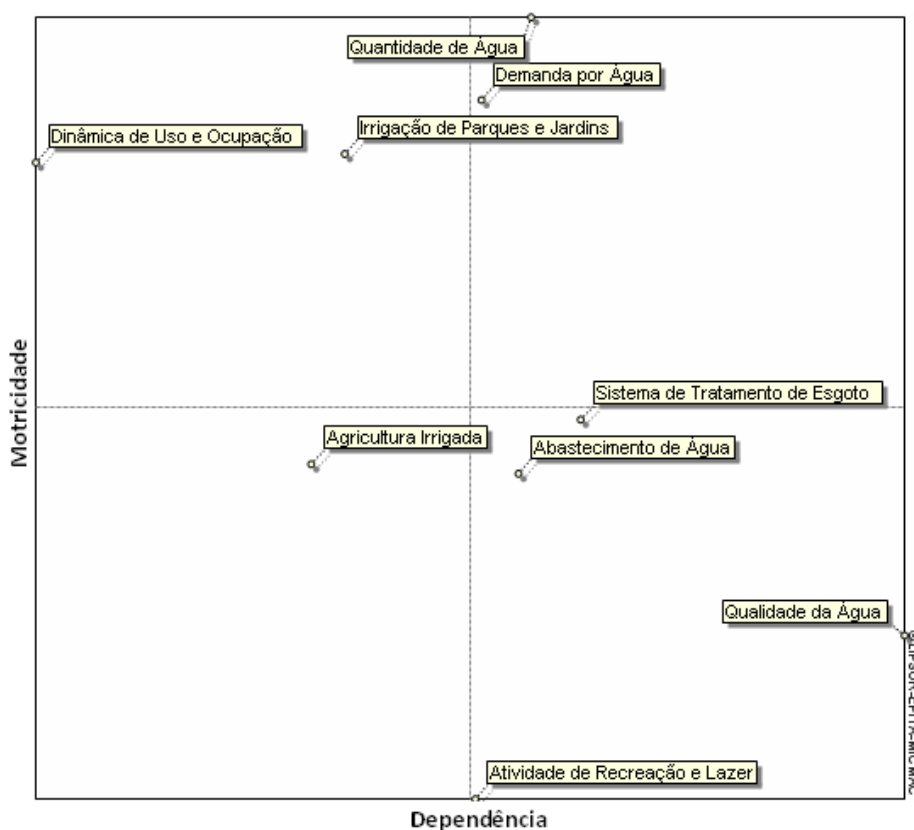


Figura 6 - Mapa de motricidade e dependência indireta para a região da Microbacia do Córrego Brejo Comprido.

Analisando o mapa de influência indireta percebe-se que a variável Sistema de Tratamento de Esgoto apresenta o comportamento de variável dependente, seu comportamento depende do desempenho de variáveis motrizes, como a Irrigação de Parques e Jardins. Esta variável além depender do desempenho das variáveis de força, também exerce forte influência no sistema hídrico,

por isso deve receber atenção e ser monitorada. Ressalta-se que, apesar da ETE se localizar a jusante dos principais usos, o efeito é fortemente afetado pela captação de água para irrigação de parques e jardins, que compromete a disponibilidade hídrica necessária para depuração do efluente, tanto que a empresa de saneamento já estuda a possibilidade de desativar essa estação e levar esse esgoto para ser tratado fora dessa microbacia.

A variável Quantidade de Água Superficial Disponível e Demanda por Água apresenta-se como variáveis de ligação, pode-se dizer que a relação entre essas variáveis estabiliza o sistema, são variáveis que devem ser monitoradas, já que comportamento das mesmas poder provocar situações futuras bem diferenciadas.

As variáveis Irrigação de Parques e Jardins e Dinâmica de Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo foram classificadas como variáveis motrizes. A variável Irrigação de Parques e Jardins tem uma grande significância no sistema hídrico, principalmente, por exercer alta motricidade sobre a disponibilidade hídrica, uma vez que capta um grande volume de água do principal corpo hídrico da microbacia, o Córrego Brejo Comprido, influenciando fortemente o comportamento de outros usos, assim como a dinâmica do corpo hídrico, recomenda-se que deve ser monitorada.

A Agricultura Irrigada, apesar de ter sido classificada como variável independente, não deve ser tratada como uma variável de pouca importância no sistema hídrico, uma vez que esse uso tem causado prejuízos ambientais para o sistema hídrico, em função do significativo uso de agrotóxico nas pequenas lavouras; da intensidade das atividades agropecuárias exercidas, pela ausência quase que completa de mata ciliar, a constante perda de solo e conseqüentemente assoreamento dos cursos d'água à montante da Estação de Captação de água para abastecimento e praticamente todas as captações de água nessa zona não são outorgadas. Provavelmente esta variável foi classificada como independente por não interagir muito com as variáveis de peso do sistema, ou seja, as variáveis motrizes, o que demonstra que atualmente não é uma atividade de grande intensidade dentro da bacia, mas que pode-se desenvolver gerando todos os problemas que aqui citados.

A variável Atividade de Recreação e Lazer comporta-se como variável dependente, é uma variável que pouco interage com as outras, por isso é considerada, também, uma variável que pouco influencia o sistema. A sua alta dependência deve-se fato de seu desempenho depender da qualidade e da quantidade de água disponível no lago do Parque Cesamar, tendo seu desempenho fortemente afetado por essas variáveis, assim como da dinâmica de uso e ocupação do solo, que provoca problemas como assoreamento.

Na região do caso de estudo, considera-se que a variável mais importante do sistema hídrico seja a qualidade da água. Por ser uma microbacia que corta o perímetro urbano a deterioração da qualidade de seus recursos hídricos, resulta não só da descarga de efluentes, mas do comportamento

e ações da grande maioria das variáveis do sistema, o que explica o fato de manter-se como variável dependente. Também, é a variável que pode apontar, de forma rápida, o estado do sistema hídrico.

3.2 - Matriz “ideal” proposta para a Microbacia do Córrego Brejo Comprido

Após análise da relação de influência e dependência entre as variáveis da matriz do estado atual da Microbacia do Córrego Brejo Comprido, verificou-se a necessidade da inclusão de quatro variáveis ao sistema são elas Educação Ambiental, Zoneamento Ambiental, Poluição Difusa e Sistema de Gestão.

A inclusão da variável Poluição Difusa ocorre para representar as diversas fontes de poluição ligadas ao manancial, sendo o carreamento de fertilizantes e agrotóxicos utilizados nas pequenas lavouras a principal fonte de poluição. A inclusão das variáveis Educação Ambiental, Zoneamento Ambiental e Sistema de Gestão se da como forma de tentar estabelecer uma relação ideal entre as variáveis e solucionar os problemas apresentados na matriz real.

Em relação à variável Sistema de Tratamento de Esgoto, com a desativação da ETE já prevista pela empresa de saneamento, essa variável foi retirada do sistema hídrico estudado. Parte-se da premissa que nessa condição chamada ideal, essa ETE seja desativada e o esgoto seja lançado para outra ETE em outra bacia, com isso evita-se o problema de falta de disponibilidade hídrica para depuração do esgoto tratado.

Para a análise estrutural da matriz “ideal”, foram selecionadas doze variáveis. A Tabela 2 apresenta as variáveis e uma breve descrição.

Tabela 2 - Relação de variáveis para análise estrutural da matriz ideal proposta para a Microbacia do Córrego Brejo Comprido.

Variáveis	Descrição	Tema
1 - Demanda por Água	Representada pela quantidade de água necessária para sustentação dos diferentes usos consuntivos e não consuntivos.	Variável interna
2 - Qualidade da Água	Representada pela condição físico-químico-biológico do corpo hídrico.	Variável interna
3 - Quantidade de Água Superficial Disponível	Representada pelo regime de disponibilidade quantitativa (natural) de água superficial.	Variável interna
4 – Abastecimento de Água	Representada pelo serviço de abastecimento populacional e comercial.	Variável interna
5 – Irrigação de Parques e Jardins	Representada pelo serviço de manutenção de jardins e parques da cidade.	Variável interna
6 – Agricultura Irrigada	Representada pela produção de culturas comerciais.	Variável interna
7 – Atividade de Recreação e Lazer	Representada pelas condições qualitativas dos recursos hídricos necessários para recreação e lazer.	Variável interna
8 – Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo	Representada pela dinâmica de uso e ocupação da terra (urbanização, produtores).	Variável externa

9 – Poluição Difusa	Representada pelo lançamento irregular de águas pluviais, lançamento de esgoto clandestino e produtos agrícolas.	Variável interna
10 – Educação Ambiental	Representada por ações de manejo voltadas para a população do entorno da área da bacia.	Variável externa
11 – Zoneamento Ambiental	Representada pelo controle do uso e ocupação da terra (urbanização).	Variável externa
12 – Sistema de Gestão	Representada pelos mecanismos de controle e fiscalização dos usos da água.	Variável externa

Como apresentado na metodologia e executado na construção da matriz real da microbacia, utilizou-se os valores simbólicos de zero a três que indicam a intensidade da influência de uma variável sobre a outra. A Figura 7 apresenta o resultado da matriz de influência direta e a na Figura 8 encontra-se o resultado da matriz de influência indireta após cinco interações.

	1 : Dem_Água	2 : Qual_Água	3 : QtAg_Super	4 : Abs_Água	5 : Ir_Parq_Ja	6 : Agr_Irrig	7 : At_Rec_Laz	8 : Uso_Ocup	9 : Polu_Dif	10 : Edu_Amb	11 : Zon_Amb	12 : Sist_Gest
1 : Demanda por Água	0	1	3	1	3	1	2	0	0	0	0	0
2 : Qualidade da Água	3	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	1
3 : Quantidade de Água Superficial	3	2	0	2	3	1	3	0	0	1	0	1
4 : Abastecimento de Água	3	0	2	0	3	0	1	0	0	1	0	0
5 : Irrigação de Parques e Jardins	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 : Agricultura Irrigada	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
7 : Atividade de Recreação e Lazer	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
8 : Dinâmica de Uso e Ocupação	0	1	1	2	0	2	1	0	1	0	1	0
9 : Poluição Difusa	0	2	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0
10 : Educação Ambiental	0	3	3	0	0	2	3	2	3	0	0	0
11 : Zoneamento Ambiental	0	3	3	0	0	2	2	3	2	0	0	0
12 : Sistema de Gestão	2	2	3	2	2	2	0	0	2	0	0	0

Figura 7 - Matriz “ideal” de influência direta para a região da Microbacia do Córrego Brejo Comprido.

	1 : Dem_Água	2 : Qual_Água	3 : QtAg_Super	4 : Abs_Água	5 : Ir_Parq_Ja	6 : Agr_Irrig	7 : At_Rec_Laz	8 : Uso_Ocup	9 : Polu_Dif	10 : Edu_Amb	11 : Zon_Amb	12 : Sist_Gest
1 : Demanda por Água	129761	69542	90924	43764	128370	32501	98555	3224	16244	15222	440	18276
2 : Qualidade da Água	99796	54141	72566	33019	100281	25449	75278	2822	13178	11432	256	13504
3 : Quantidade de Água Superficial	184498	98790	130437	61129	183203	46157	138861	4820	23589	21474	536	25510
4 : Abastecimento de Água	132774	71430	95844	43783	132793	33575	100191	3674	17291	15228	348	18122
5 : Irrigação de Parques e Jardins	68330	37130	50442	22950	68960	17656	52490	1952	8964	7762	188	9370
6 : Agricultura Irrigada	44076	23986	33594	14342	44926	11478	33448	1416	6108	4888	72	5788
7 : Atividade de Recreação e Lazer	66482	35326	46974	21858	65802	16534	50108	1768	8544	7716	188	9206
8 : Dinâmica de Uso e Ocupação	105612	56363	73809	35342	104399	26319	79799	2617	13206	12397	338	14834
9 : Poluição Difusa	73762	39582	51288	25180	72870	18498	56336	1772	9134	8746	268	10514
10 : Educação Ambiental	172782	93150	124296	58378	172491	44043	132115	4564	22102	20011	530	24110
11 : Zoneamento Ambiental	169006	91059	121501	57108	168687	43049	129323	4446	21547	19551	529	23618
12 : Sistema de Gestão	182813	97870	129808	61170	181553	45973	138927	4752	23244	21247	562	25521

Figura 8 – Matriz “ideal” de influência indireta para a região da Microbacia do Córrego Brejo Comprido.

A Figura 9 apresenta o mapa de influência de motricidade e dependência indireta e os passos usados para análise da influência indireta são os mesmos que foram executados para a matriz real do sistema hídrico. É importante salientar que, essa nova matriz foi elaborada a partir da matriz que descreve a atual situação da microbacia.

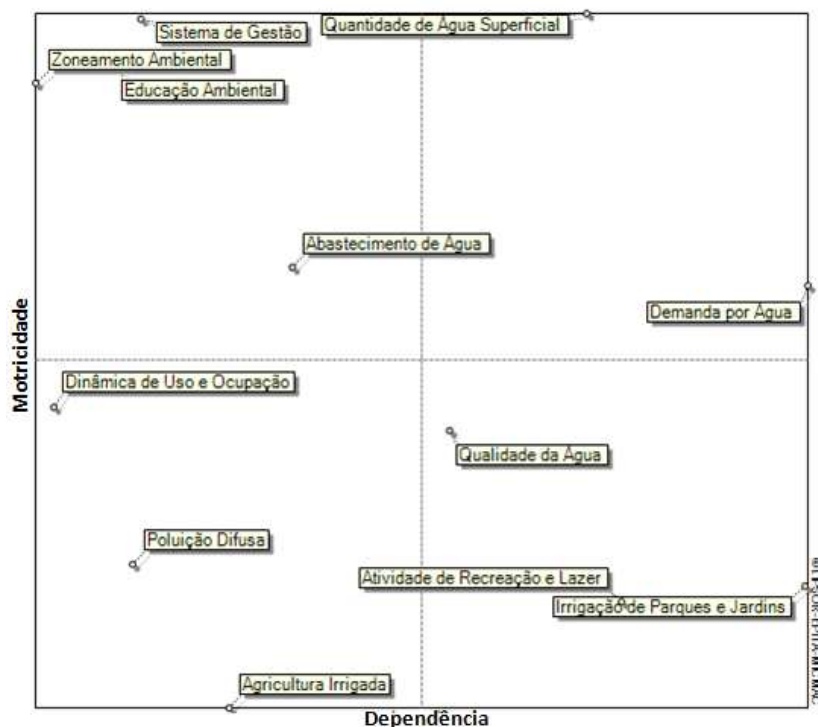


Figura 9 - Mapa de motricidade e dependência indireta da matriz “ideal” proposta para a região da Microbacia do Córrego Brejo Comprido.

Observa-se que a variável Abastecimento de Água apresenta-se como variável motriz, juntamente com as variáveis Educação Ambiental, Zoneamento Ambiental e Sistema de Gestão. A variável Abastecimento de Água representa o uso mais nobre na microbacia, além de ser importante para a dinâmica da região do sistema hídrico, por isso assume um comportamento relevante na matriz ideal proposta para o sistema.

As variáveis Educação Ambiental, Zoneamento Ambiental e Sistema de Gestão são variáveis relacionados a instrumentos de gestão ambiental, que se em uma situação ideal de uso e ocupação da bacia estiverem funcionando corretamente, passam a serem variáveis que interferem diretamente no desempenho das outras, tornando-se assim motrizes dentro do sistema em estudo. Variáveis como Educação Ambiental e Sistema de Gestão demandam uma maior participação da sociedade o que pode demandar uma gestão participativa da bacia, podendo ser uma fase embrionária para um comitê de bacia.

As variáveis Poluição Difusa, Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo e Agricultura Irrigada assumem o comportamento de variáveis independentes, isso se deve a forte influência das variáveis motrizes Educação ambiental, Zoneamento ambiental e Sistema de Gestão exercida sobre essas

variáveis, que fazem com que a primeira tenda a ter pequeno impacto dentro da bacia e a segunda esteja em uma condição adequada, de tal forma, que não influencie consideravelmente o sistema hídrico em estudo.

As variáveis Qualidade da Água e Atividade de Recreação e Lazer continuam como variáveis dependentes. A primeira continua sendo um forte indicador do estado da bacia, mas como o desempenho ambiental da bacia como um todo tende a melhorar, seu nível de dependência diminui. As atividades de recreação e lazer continuam sendo dependente por ser um tipo de uso difuso, ou seja, é uma atividade desenvolvida por muitas pessoas e não tem grande representatividade dentro da bacia, fazendo que mesmo em uma situação ideal, continue como uma variável independente. O desempenho dessa variável está associada ao comportamento das variáveis motrizes que são instrumentos de gestão ambiental.

A variável Irrigação de Parques e Jardins deixa de exercer uma grande influência no sistema e passa a depender do comportamento de usos mais importantes na bacia. Isso ocorre porque nessa situação ideal, a gestão ambiental e dos recursos hídricos da bacia passam a disciplinar de forma mais adequada desse uso da água, passando então essa variável, a ser menos determinante no desempenho do sistema em estudo.

As variáveis Demanda por Água e Quantidade de Água Superficial continuam como o mesmo comportamento apresentado na matriz real do sistema, são variáveis de ligação, por serem variáveis que de certa forma estabilizam o sistema hídrico. Entretanto, são duas variáveis sensíveis e para uma condição ideal essa sensibilidade deve ser controlada, por isso evidencia-se a importância de um sistema de gestão eficiente e comprometido com a conservação dos recursos hídricos e, principalmente, com a fiscalização, sendo possível manter a estabilidade dessas duas variáveis, evitando que situações conflituosas venham a ocorrer no sistema hídrico decorrente da má gestão dos usos da água e descaso como o meio ambiente.

A variável mais importante do sistema passa a ser a variável Abastecimento de Água. As variáveis motrizes Zoneamento Ambiental e Educação Ambiental por exercerem forte influência no sistema, minimizam a influência de algumas variáveis como a dinâmica de uso e ocupação do solo e poluição difusa sobre as variáveis qualidade da água e atividade de recreação e lazer. A variável qualidade da água continua sendo considerada a variável que pode apontar, de forma rápida, o estado do sistema hídrico.

4 – CONCLUSÕES

A Microbacia do Córrego Brejo Comprido foi escolhida para a aplicação da metodologia, por estar inserida em uma área de grande concentração populacional, com uma demanda por recursos

hídricos significativa e pelo fato da região apresentar problemas com a gestão dos recursos hídricos, justamente por considerar a variável ambiental como secundária na tomada de decisão.

Considera-se que a variável indicadora do desempenho do sistema hídrico em estudo seja a Quantidade de Água superficial disponível, relacionada a dois usos que requerem grandes volumes de água, a irrigação de parques e jardins e o abastecimento de água. O Sistema de Tratamento de Esgoto é outra variável que deve receber atenção especial, por exercer uma influência alta na qualidade da água, deve ser monitorada em quanto permanece funcionando na microbacia, principalmente porque além de exercer uma motricidade alta no sistema, também recebe a influência indireta de outras variáveis, que comprometem seu desempenho.

A variável Qualidade da Água é considerada, como aquela que melhor indicaria o estado dos recursos hídricos, também é a variável que pode apontar, de forma rápida, o estado do sistema hídrico, por ser a mais dependente, refletindo o comportamento e as ações da grande maioria das outras variáveis. O monitoramento da qualidade da água nessa região é de fundamental importância para avaliar o desempenho do sistema hídrico ao longo do tempo.

A análise estrutural fornece uma boa noção do comportamento das variáveis que fazem parte do sistema hídrico em estudo e das variáveis externas que influenciam esse sistema, ao prescrever a classificação em variáveis motrizes, dependentes, de ligação ou independentes.

Considerando os resultados deste trabalho conclui-se que, para o bom funcionamento do sistema hídrico ações voltadas para o controle de uso e ocupação do solo urbano e rural seja uma forma de maximizar a gestão desta microbacia, além disso, outras ações também foram pensadas para melhorar o gerenciamento desse sistema hídrico:

- Programas de recuperação, preservação e reflorestamento das Áreas Verdes do entorno da microbacia, estabelecendo as restrições de uso e ocupação, a fim de garantir a preservação ambiental e o uso sustentável;
- Planos de manejo de uso e ocupação das áreas de manancial e microbacias hidrográficas utilizadas para o abastecimento público;
- Manejar positivamente a "produção" de água, por meio de Programa de Educação Ambiental voltado para os produtores rurais e chacareiros que têm terras próximas as nascentes do córrego, envolvendo também, ações que controlem o lançamento de esgoto e poluentes no mesmo; e
- Recomenda-se a modificação das fontes de captação de água do sistema automatizado de irrigação de parques e jardins da cidade, para captação de água do lago da UHE Lajeado às margens do município de Palmas com alta disponibilidade hídrica.

Por fim, ressalta-se que para o bom desempenho desse sistema hídrico, as estratégias de gerenciamento devem levar em consideração disponibilidade hídrica e a qualidade da água e os fatores que as influenciam diretamente.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio, sem o qual a realização deste trabalho não seria possível.

BIBLIOGRAFIA

BODINI, V. L.; SANTANA, E. A.; ROCHA JR, W. F. R (2007). “*Uso da análise estrutural prospectiva para a identificação de fatores condicionantes de um setor produtivo*” in Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, Dez. 2007, 27, p. 1-8.

GODET, M. (1993). *Manual de prospectiva estratégica: da antecipação à ação*. Lisboa: Dom Quixote. 406 p.

IAROSZINSKI, Alfredo Neto; SOUZA, P. V. (2007). “*Sistemas de informação e metodologias de implantação*” in Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, Dez. 2007, p. 8-15.

LEITE, M. S. A. (2004). *Proposta de uma modelagem de referência para representar sistemas Complexos*. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. 420 p.

LIPSOR. Laboratório de Pesquisa em Estratégia Prospectiva e Organizacional (2004). *Software MICMAC Version 6.1.2 2003/2004*. Disponível em: <http://www.3ie.org/lipsor/download/formulaire_uk.php>.

TOCANTINS (2011). Prefeitura Municipal de Palmas. Secretaria de Meio Ambiente e Serviços Públicos. *Diagnóstico ambiental da Microbacia do Córrego Brejo Comprido*. Diretoria Municipal de Meio Ambiente, Palmas. 23 p.

VERGARA, F. E. ; CORDEIRO NETTO, O. M. (2007). *Análise estrutural por meio da metodologia MICMAC aplicada à gestão dos recursos hídricos: o caso da região hidrográfica da UHE Lajeado na bacia do rio Tocantins*. REGA. Revista de Gestão de Águas da América Latina, Brasil, v. 4, p. 5-19.

VERGARA, F. E. (2007). *Suporte Metodológico para a Gestão Estratégica de Conflitos Relacionados ao uso dos Recursos Hídricos*. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Programa Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. 260 p.