



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

VI-009 - DETERMINAÇÃO DOS QUOCIENTES DE QUALIDADE AMBIENTAL (QQA) DAS ALTERNATIVAS PROPOSTAS PARA A DRENAGEM URBANA DO BAIRRO DO CAPIM MACIO – NATAL/RN

Luiz Pereira de Brito⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela UFRN. Mestre em Engenharia Química pela UFPB. Doutor com Pós-Doutorado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Politécnica de Madrid. Professor Adjunto IV da UFRN/Programa de pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Juliana Delgado Tinôco

Engenheira Civil pela Universidade Potiguar do Rio Grande do Norte. Mestre em Engenharia Sanitária pela UFRN.

Andressa Dantas de Lima

Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Centro de Tecnologia – Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Natal – RN – CEP. 59.072-970 – Brasil – Tel: (84) 215-3775/3766 – Fax: (84) 215-3768/3703

E-MAIL: lbrito@ct.ufrn.br

RESUMO

O estudo de drenagem urbana do bairro de Capim Macio, em Natal-RN, elaborado por técnicos da UFRN, propõe três alternativas para solução dos problemas de inundação deste bairro: 1. Lagoa de acumulação e infiltração sem bombeamento, 2. Lagoas de acumulação com sistema de bombeamento e destinação do efluente para área do Parque das Dunas e, 3. Sistema integrado de três lagoas com extravasor para a Praia de Ponta Negra. O presente trabalho tem como objetivo analisar o quociente de qualidade ambiental de cada alternativa proposta para subsidiar as discussões visando à escolha daquela que produza menores impactos negativos sobre o meio ambiente. Este quociente é um número adimensional variando de 0 a 1, sendo o valor zero correspondente a uma situação de extrema degradação ambiental e o valor um a uma situação sem nenhuma alteração ambiental. Foi empregada nestas análises a metodologia de **Battelle-Columbus**, técnica de avaliação quantitativa que permite visualizar com relativa precisão as alterações ambientais em termos de magnitude e importância dos impactos. A alternativa 3 é a recomendada pelo estudo, porque apresenta melhor QQA (0,76), não oferece risco de inundações e requer áreas relativamente pequenas para as lagoas de captação e infiltração. Comparando-se esta alternativa com a situação atual cujo QQA é 0,54, estima-se que haverá com a execução do projeto um ganho ambiental para a área de 22%.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade Ambiental, Drenagem Urbana, Battelle-Columbus.

INTRODUÇÃO

Qualquer obra de engenharia produz algum impacto sobre o meio ambiente, pois altera o espaço antes existente, impermeabilizando o solo e impedindo a passagem d'água para recarga dos aquíferos, além de gerar transtornos para a população local. Uma solução a se adotar seria a drenagem urbana do espaço alterado para minimizar os danos causados por inundações.

Pensando nisso, técnicos da UFRN elaboraram um estudo de drenagem urbana do bairro de Capim Macio, em Natal-RN, propondo três alternativas para solução dos problemas de inundação deste bairro: 1. Lagoa de acumulação e infiltração sem bombeamento, 2. Lagoas de acumulação com sistema de bombeamento e destinação do efluente para

área do Parque das Dunas e, 3. Sistema integrado de três lagoas com extravasor para a Praia de Ponta Negra.

O presente trabalho tem como objetivo analisar o quociente de qualidade ambiental (QQA) de cada alternativa proposta para garantir que durante a execução e operação do sistema de drenagem urbana, seja adotada a alternativa de menores impactos negativos sobre o meio ambiente.

A análise será feita através da determinação dos QQA's pelo método de Battelle-Columbus descrito a seguir.

DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE BATTELLE-COLUMBUS

O Método de **Battelle-Columbus**, criado em 1972, é uma técnica de avaliação quantitativa de impactos ambientais aplicada inicialmente para projetos de desenvolvimento de recursos hídricos nos Estados Unidos, pelos laboratórios Battelle-Columbus. Foi testado em campo pela primeira vez no projeto intitulado "*Bear River Project*" ("Projeto Sustentável em Rio") em Utah, Idaho e Wyoming (EUA). Este projeto foi selecionado, dentre outras razões, por ser similar a outros trabalhos de avaliação ambiental do governo americano e possuir o grau de complexidade necessário para o teste do sistema de avaliação quantitativa (CANTER - 1997).

A avaliação quantitativa neste método é estimada através de um valor adimensional capaz de medir a possibilidade de uma determinada categoria ambiental está ou não adequada às condições favoráveis do meio ambiente.

O método baseia-se em 78 parâmetros ambientais agrupados em 18 componentes e estes reagrupados em 04 categorias: **ecologia, poluição ambiental, aspectos estéticos e interesse humano**. Permite visualizar com relativa precisão as alterações ambientais e portanto suas dimensões (magnitude do impacto), oferecendo uma visão global e comparativa das diversas alternativas de projeto (qualidade ambiental) e uma sistematização dos valores ambientais calculados.

Para cada parâmetro ambiental é atribuído um **peso relativo** (unidades de importância do parâmetro - UIP) expresso em unidades de importância ambiental (UIA's) cuja soma totaliza 1000 UIA's, correspondendo a uma situação de nenhuma degradação do meio ambiente ou estado natural. A Tabela 01 mostra a distribuição dos pesos ou unidades de importância ambiental por parâmetros, componentes e categorias ambientais.

Tabela 01: Impactos Ambientais - Pesos por Categorias e Parâmetros

Ecologia	240	Poluição Ambiental	402	Aspectos Estéticos	153	Interesse Humano	205
Espécies e Populações		Poluição da Água		Solo		Valores Científicos	
<u>Terrestre</u>		(20)Perdas nas bacias Hidrográficas		(6)Mat. Geológico Sup.		(13)Arqueológicos	
(14)Pastos e Campos		(25)DBO		(16)Relevo e Características Topográficas		(13)Ecológicos	
(14)Plantações		(31)OD		(10)Extensão e Alinhamento		(11)geológicos	
(14)Vegetação Natural		(18)Coliformes Fecais				(11)Hidrológicos	
(14)Espécies Daninhas		(22)Carbono Inorgânico			32		48
(14)Aves de caça		(25)Nitrogênio Inorg.		Ar		Valores Históricos	
Aquática		(28)Fosfato Inorgânico		(3)Odor e Visibilidade		(11)Arquitetura e Estilo	
(14)Pesca Comercial		(16)Pesticidas		(2)Sons		(11)Eventos	
(14)Vegetação Natural		(18)pH				(11)personagens	
(14)Espécies Daninhas		(28)Variação de Vazão				(11) Religiões, Culturas	
(14)Pesca Esportiva		(28)Temperatura				(11)"Fronteira do Oeste"	
(14)Aves Aquáticas					5		55

	(25)Sólidos Disol. Totais	Água	Culturas
	(14)Substâncias Tóxicas	(10)Presença d'água	(14)Indígenas
	(20)Turbidez	(16)Interface solo-água	(7)Outros G. Étnicos
		(6)Odor e M. Flotantes	(7)Grupos Religiosos
		(10)Superfície de Água	
		(10)Margens Arboriza- das e Geológicas	
	140	318	52
			28

Tabela 01 (continuação): Impactos Ambientais - Pesos por Categorias e Parâmetros

Ecologia	240	Poluição Ambiental	402	Aspectos Estéticos	153	Interesse Humano	205
Habitats e Comunidades		Poluição do Ar		Biota		Sensações	
<u>Terrestres</u>		(5)Monóxido de Carbono		(5)Animais Domésticos		(11)Admiração	
(12)cadeias Alimentares		(5)Hidrocarbonetos		(5)Animais selvagens		(11)Isolamento/Solidão	
(12)uso do solo		(10)Óxido de Nitrogênio		(9)Diversidade Vegetal		(4)Mistério	
(12)Espécies Raras e Ameaçadas		(12)Partículas sólidas		(5)Tipos de Vegetação		(11)Integração com a natureza	
(14)Diversidade de espécies		(5)Oxidantes Fotoquím.					
		(10)Óxidos de Enxofre					
<u>Aquáticas</u>		(5)Outros					
			52		24		37
(12)Cadeias Alimentares		Poluição do Solo		Objetos		Padrão de Vida	
(12)Espécies Raras e Ameaçadas		(14)Uso do Solo		(10)Objetos Artesianos		(13)Oportunidades de emprego	
(12)Características Fluviais		(14)Erosão do Solo				(13)Habitação	
(14)Diversidade de Espécies						(11)Relações sociais	
	100		28		10		37
Ecossistemas		Poluição Sonora		Composição		Legenda:	
Somente descritivo		(4)Ruído		(15)Efeitos compostos		() peso por parâmetro	
				(15)Elementos Singulares		? Total/cat. ou grupo	
			4		30		

Fonte: Battelle-Columbus Laboratories (1972)

O método também utiliza o **índice de qualidade ambiental (IQA)** adimensional que varia de 0 a 1 (da pior qualidade para a melhor) e está relacionado com os diferentes parâmetros ambientais através de gráficos, em cujas ordenadas estão os IQA's e nas abscissas os valores dos parâmetros ambientais com suas respectivas unidades.

As **unidades de importância ambiental (UIA's)** para cada alternativa são obtidas pelo somatório da multiplicação das

unidades de importância do parâmetro pelo índice de qualidade ambiental de cada parâmetro, como segue:

$$\sum ULA = \sum (UIP \times IQA)$$

Será utilizado neste trabalho, como indicador da alternativa de menor impacto, o **quociente de qualidade ambiental** (QQA), que é obtido dividindo-se a soma das unidades de importância ambiental ($\sum ULA$) pela

soma das unidades de importância dos parâmetros ($\sum UIP$) para cada alternativa:

$$QQA = \frac{\sum ULA}{\sum UIP}$$

Este quociente também é um número adimensional variando de 0 a 1, sendo o valor zero correspondente a uma situação de extrema degradação ambiental e o valor um a uma situação natural, sem nenhuma alteração ambiental ou paraíso ambiental. A tabela 02 apresenta os valores limites do QQA correspondentes a uma situação ambiental (qualidade ambiental).

Tabela 02 - valores limites do QQA correspondentes a uma situação ambiental.

Situação Ambiental	QQA
Muito ruim	0,0 – 0,2
Ruim	0,3 – 0,4
Regular	0,5 – 0,6
Bom	0,7 – 0,8
Excelente	0,9 – 1,0

Fonte: Brito (2002)

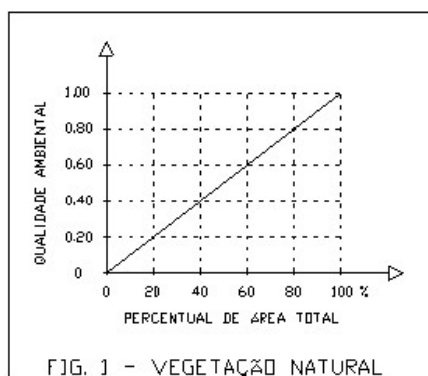
SELEÇÃO DOS PARÂMETROS PREVISTOS NO MÉTODO BATTELLE-COLUMBUS

A partir das alternativas propostas nos estudos e projetos de drenagem foram selecionados na tabela 01 os parâmetros, componentes e categorias ambientais mais significativos para análise ambiental pretendida. Em seguida, calculou-se os Quocientes de Qualidade Ambiental (QQA'S) para cada alternativa estudada como também para a situação de não execução do projeto (situação atual). Empregaram-se dezesseis curvas de Índices de Qualidade Ambiental (IQA'S). As Figuras 01 a 16 representam os parâmetros utilizados para o cálculo dos QQA'S.

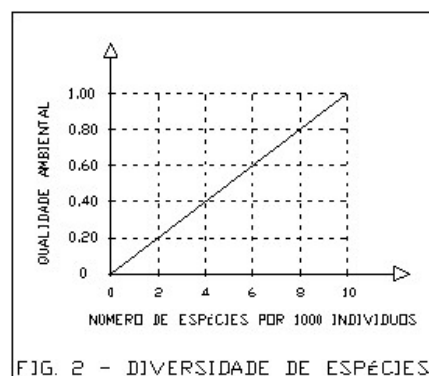
Em função da inexistência de dados relativos aos parâmetros de controle da poluição da água em lagoas de captação/infiltração na cidade de Natal e pela dificuldade em gerar estes dados em curto período de tempo, pois seria necessária uma série que abrangesse pelo menos um período chuvoso e outro de estiagem, foram substituídos os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), coliformes fecais (CF), nitrogênio inorgânico, fosfato, pH, sólidos suspensos totais (SST), turbidez e substâncias tóxicas por um índice geral de qualidade da água (water quality index – W.Q.I.) expresso de forma qualitativa o qual foi correlacionado com o índice de qualidade ambiental da metodologia de Battelle através de uma curva funcional (ver Figura 03) elaborada com base nos valores definidos por OTT, W.R (1978) apud CANTER, L.W (1997), para o qual atribuiu-se uma Unidade de Importância de Parâmetro (UIP) máxima prevista na metodologia, ou seja, peso 31.

Para atender as especificidades do presente estudo fez-se necessário à elaboração de mais duas curvas funcionais além das selecionadas da metodologia original de Battelle-Columbus e a do índice geral da qualidade da água: uma para determinar o Índice de Qualidade Ambiental (IQA) associado aos riscos de inundações (Figura 16) de cada alternativa

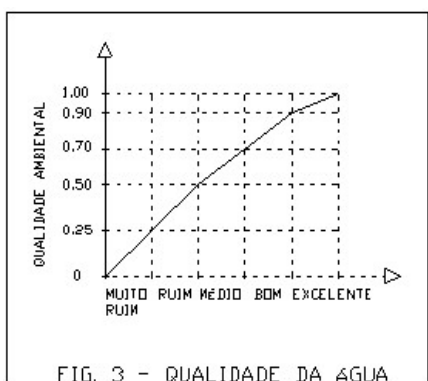
de projeto e a outra relacionada a uso e ocupação solo (Figura 05) conforme as áreas a serem utilizadas para construção das lagoas de acumulação e infiltração. Para Riscos de Inundações foi atribuído também uma Unidade de Importância de Parâmetro (UIP) máxima prevista na metodologia: peso 31, e para Uso e Ocupação do Solo peso 07.



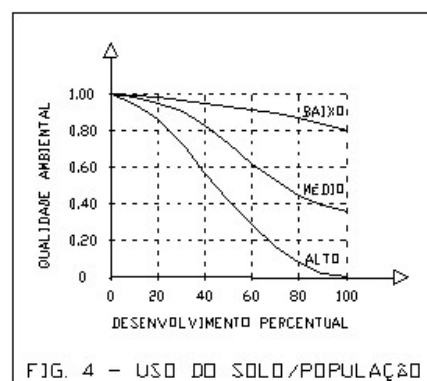
Fonte: Battelle – Columbus (1972)



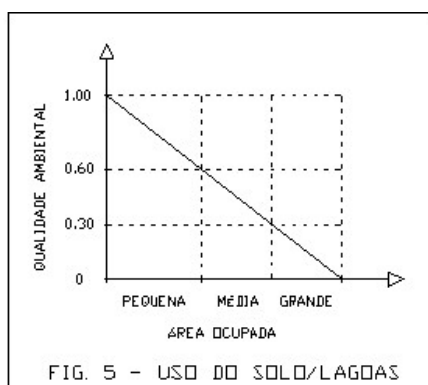
Fonte: Battelle – Columbus (1972)



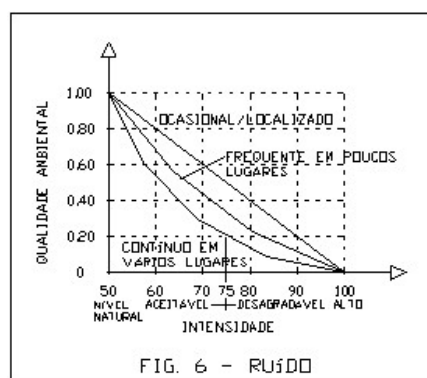
Fonte: Brito (2002)



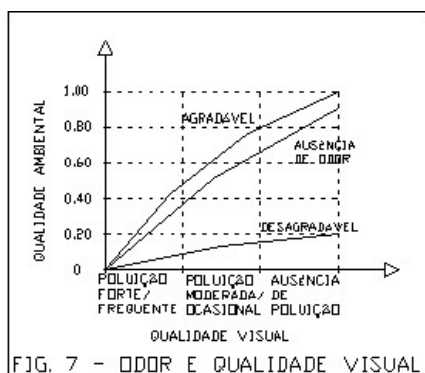
Fonte: Battelle – Columbus (1972)



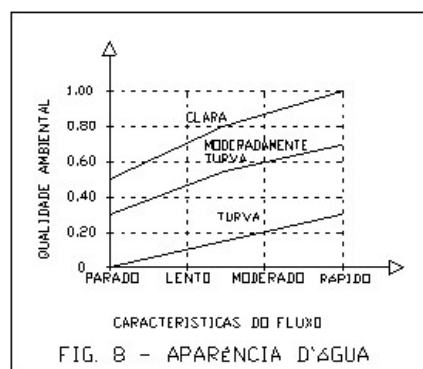
Fonte: Brito (2002)



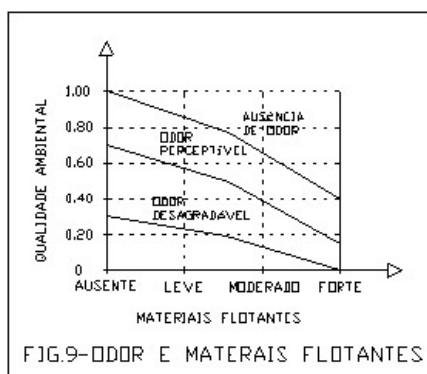
Fonte: Battelle – Columbus (1972)



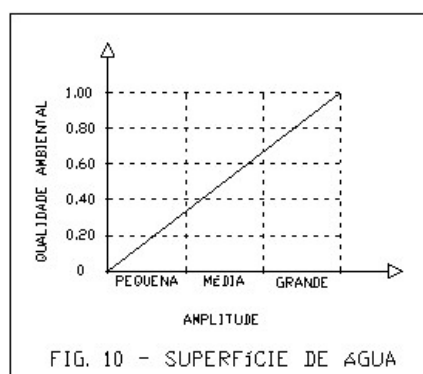
Fonte: Battelle – Columbus (1972)



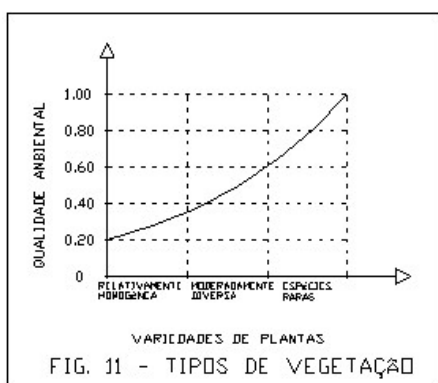
Fonte: Battelle – Columbus (1972)



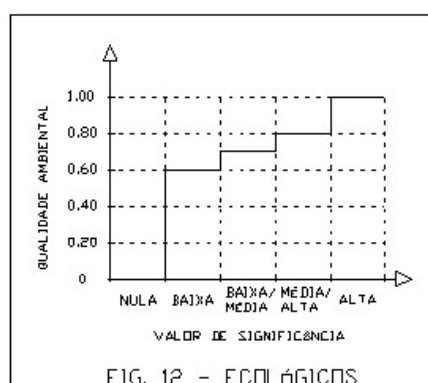
Fonte: Battelle – Columbus (1972)



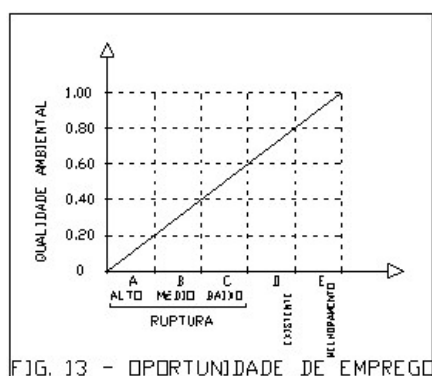
Fonte: Battelle – Columbus (1972)



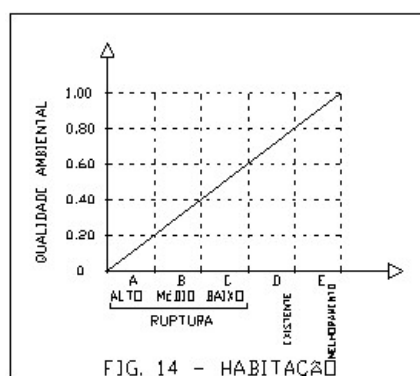
Fonte: Battelle – Columbus (1972)



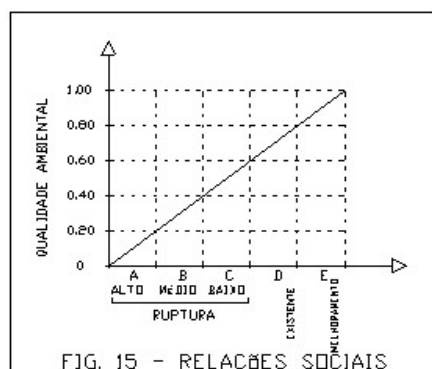
Fonte: Battelle – Columbus (1972)



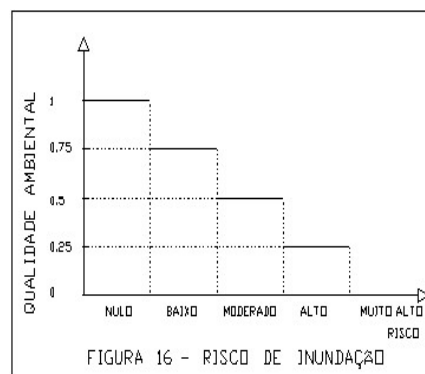
Fonte: Battelle – Columbus (1972)



Fonte: Battelle – Columbus (1972)



Fonte: Battelle – Columbus (1972)



Fonte: Brito (2002)

RESULTADOS

Nas Tabelas 03 a 06 são apresentados os resultados dos Quocientes de Qualidade Ambiental (QQA'S) para a situação sem execução do projeto (atual) e para as três alternativas estudadas.

Tabela 03 - Determinação do QQA para a situação atual (sem execução do projeto)

Parâmetros	Unidades	Valor	UIP	IQA	UIA
Espécies e populações/Terrestre					
Vegetação natural	% área	60	14	0,6	8,4
Habitats e comunidades/terrestre					
Diversidade de espécies	Nº esp/1000 indiv.	6	14	0,6	8,4
Poluição ambiental					
Água	Qualidade da água	Média	31	0,6	18,6
Uso do solo/população	% desenvolvido	60	14	0,6	8,4
Uso do solo/lagoas	Área ocupada	0	7	1,0	7,0
Ruído	Intensidade	Natural	14	1,0	14,0
Aspectos estéticos/ar					
Odor e visibilidade	Qualidade visual	claro	13	0,9	11,7
Aspectos estéticos/água					
Aparência d'água	Característica do fluxo	moderado	10	0,2	2,0
Odor e materiais flotantes	Presença	moderado	6	0,7	4,2
Superfície de água	Área	pequena	10	0,0	0,0
Aspectos estéticos/biota					
Tipos de vegetação	Variedades de plantas	moderadamente diversa	26	0,6	15,6
Interesse humano/valores científicos					
Ecológicos	Significância	baixa/média	13	0,7	9,1
Interesse humano/padrão de vida					
Oportunidade de emprego	Oport. de emprego	existente	13	0,6	7,8
Habitação	Habitação	existente	11	0,6	6,6
Relações sociais	Relações sociais	existente	13	0,6	7,8
Risco de inundação	Risco	muito alto	31	0,0	0,0

TOTAL	240	129,6
Quociente de Qualidade Ambiental (QQA) = $\sum (UIA) / \sum (UIP)$ =		0,54

Tabela 04 - Determinação do QQA – 1ª alternativa: lagoas de acumulação e infiltração sem bombeamento

Parâmetros	Unidades	Valor	UIP	IQA	UIA
Espécies e populações/Terrestre					
Vegetação natural	% área	60	14	0,6	8,4
Habitats e comunidades/terrestre					
Diversidade de espécies	Nº esp/1000 indiv.	6	14	0,6	8,4
Poluição ambiental					
Água	Qualidade da água	médio	31	0,7	21,7
Uso do solo/população	% desenvolvido	90	14	0,4	5,6
Uso do solo/lagoas	Área ocupada	grande	7	0,3	2,1
Ruído	Intensidade	natural	14	1,0	14,0
Aspectos estéticos/ar					
Odor e visibilidade	Qualidade visual	claro	13	0,9	11,7
Aspectos estéticos/água					
Aparência d'água	Característica do fluxo	moderado	10	0,6	6,0
Odor e materiais flotantes	Presença	leve	6	0,9	5,4
Superfície de água	Área	grande	10	1,0	10,0
Aspectos estéticos/biota					
Tipos de vegetação	Variedades de plantas	moderadamente diversa	26	0,6	15,6
Interesse humano/valores científicos					
Ecológicos	Significância	baixa/média	13	0,7	9,1
Interesse humano/padrão de vida					
Oportunidade de emprego	Oport. de emprego	melhoramento	13	0,8	10,4
Habitação	Habitação	melhoramento	11	1,0	11,0
Relações sociais	Relações sociais	melhoramento	13	1,0	13,0
Risco de inundação	Risco	baixo	31	0,5	15,5
		TOTAL	240		167,9
Quociente de Qualidade Ambiental (QQA) = $\sum (UIA) / \sum (UIP)$ =					0,70

Tabela 05 - Determinação do QQA – 2ª alternativa: lagoas de acumulação com sistema de bombeamento e destinação do efluente para área do Parque das Dunas

Parâmetros	Unidades	Valor	UIP	IQA	UIA
Espécies e populações/terrestre					
Vegetação natural	% área	50	14	0,5	7,0
Habitats e comunidades/terrestre					
Diversidade de espécies	Nº esp/1000 indiv.	6	14	0,6	8,4
Poluição ambiental					
Água	Qualidade da água	médio	31	0,7	21,7
Uso do solo/população	% desenvolvido	90	14	0,4	5,6
Uso do solo/lagoas	Área ocupada	grande	7	0,3	2,1
Ruído	Intensidade	aceitável	14	0,7	9,8
Aspectos estéticos/ar					
Odor e visibilidade	Qualidade visual	claro	13	0,9	11,7
Aspectos estéticos/água					
Aparência d'água	Características do fluxo	moderado	10	0,6	6,0
Odor e materiais flotantes	Presença	leve	6	0,9	5,4
Superfície de água	Área	grande	10	1,0	10,0
Aspectos estéticos/biota					
Tipos de vegetação	Variedades de plantas	moderadamente diversa	26	0,6	15,6
Interesse humano/valores científicos					
Ecológicos	Significância	baixa	13	0,2	2,6
Interesse humano/padrão de vida					
Oportunidade de emprego	Oport. de emprego	melhoramento	13	0,9	11,4
Habitação	Habitação	melhoramento	11	1,0	11,0
Relações sociais	Relações sociais	melhoramento	13	0,6	7,8
Risco de inundação	Risco	baixo	31	0,75	23,25
		TOTAL	240		159,35
Quociente de Qualidade Ambiental (QQA) = $\Sigma (UIA) / \Sigma (UIP)$ =					0,66

Tabela 06 - Determinação do QQA – 3ª alternativa: sistema integrado de 3 lagoas com extravasor para a Praia de Ponta Negra

Parâmetros	Unidades	Valor	UIP	IQA	UIA
Espécies e populações/terrestre					
Vegetação natural	% área	60	14	0,6	8,4
Habitats e comunidades/terrestre					
Diversidade de espécies	Nº esp/1000 indiv.	6	14	0,6	8,4
Poluição ambiental					
Água	Qualidade da água	médio	31	0,7	21,7
Uso do solo/população	% desenvolvido	90	14	0,4	5,6
Uso do solo/lagoas	Área ocupada	pequena	7	0,6	4,2
Ruído	Intensidade	natural	14	1,0	14,0
Aspectos estéticos/ar					
Odor e visibilidade	Qualidade visual	Claro	13	0,9	11,7
Aspectos estéticos/água					
Aparência d'água	Características do fluxo	Moderado	10	0,6	6,0
Odor e materiais flotantes	presença	Leve	6	0,9	5,4
Superfície de água	Área	Média	10	0,7	7,0
Aspectos estéticos/biota					
Tipos de vegetação	Variedades de plantas	Moderadamente diversa	26	0,6	15,6
Interesse humano/valores científicos					
Ecológicos	Significância	Baixa/média	13	0,7	9,1
Interesse humano/padrão de vida					
Oportunidade de emprego	Oport. de emprego	Melhoramento	13	1,0	13,0
Habitação	Habitação	Melhoramento	11	1,0	11,0
Relações sociais	Relações sociais	Melhoramento	13	0,8	10,4
Risco de inundação	Risco	Nulo	31	1,0	31,0
TOTAL			240		182,50
Quociente de Qualidade Ambiental (QQA) = Σ (UIA) / Σ (UPI) =					0,76

CONCLUSÕES

Considerando-se os resultados apresentados, a terceira alternativa estudada, que corresponde ao sistema integrado de três lagoas com extravasor para a praia de Ponta Negra, apresenta o melhor quociente de qualidade ambiental (0,76), equivalente a uma situação ambiental boa, conforme Tabela 02. Comparando-se esta alternativa com a situação atual (sem execução do projeto) cujo QQA é de 0,54, têm-se um ganho ambiental de 22 %. Ressalta-se nesta alternativa a inexistência de riscos de inundações e áreas relativamente pequenas ocupadas pelas lagoas de captação e infiltração, mas que permitem a recarga do aquífero, diluem o efluente de indesejáveis ligações clandestinas de esgoto sanitário e reduzem significativamente os impactos do lançamento do excedente das águas pluviais na praia, através do extravasor, que estima-se ocorrer somente durante 15 dias/ano.

A segunda alternativa: lagoas de acumulação com sistema de bombeamento e destinação do efluente para infiltração em área pertencente ao Parque das Dunas, apresenta o menor quociente de qualidade ambiental das três alternativas estudadas com um QQA de 0,66, considerado regular, contendo um ganho ambiental de apenas 12 % em relação a situação de não execução do projeto. Não sendo uma alternativa recomendada em virtude de afetar uma área de preservação ambiental muito importante para a Cidade de Natal, além de apresentar riscos de inundações associados aos de operação e manutenção das bombas da ordem de 12%, bem como requerer áreas relativamente grandes para as lagoas de captação e infiltração, implicando na necessidade de restrição do uso do solo urbano.

A primeira alternativa: lagoas de acumulação e infiltração sem bombeamento, tem um QQA intermediário de 0,70, classificado como bom conforme a Tabela 02, entretanto apresenta o maior risco de inundações das três alternativas estudadas (20%) além de requerer, a exemplo da segunda alternativa, áreas relativamente grandes para as lagoas de captação e infiltração, com implicações de restrição do uso do solo urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BATTELLE – COLUMBUS LABORATORIES. **Environmental evaluation system for water resource planning**. Bureau of reclamation v.s. Department of the interior. Columbus, Ohio, 1972. 188p.
2. BRITO, Luiz. Pereira. **Índice de Qualidade Ambiental**, Programa de pós graduação em engenharia sanitária- UFRN, disciplina Avaliação de Impactos Ambientais. Notas de Aula, Natal-RN. 2002.
3. CANTER, Larry. **Manual de Evaluación de Impacto Ambiental** "Técnicas para La elaboración de los estudios de impacto". Mc.Graw-Hill/Interamericana de Espanã, S.A.U. 1997. 841p.