



PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ 3

EVENTOS CRÍTICOS

(Produto 5)

CASCADEL / 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
ITAIPU BINACIONAL
AGUASPARANÁ
COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ 3

PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ 3

EVENTOS CRÍTICOS

(Produto 5)

(Versão Final)

CASCADEL / 2014

COMITÊ DA BACIA DO PARANÁ 3

1 REPRESENTANTES DO SETOR PÚBLICO

MEMBROS TITULARES:

GILMAR JEFERSON PALUDO – SEMA /Toledo
MARIA GLÓRIA GENARI POZZOBON – IAP/Toledo
ROBERT GORDON HICKSON – AGUASPARANÁ/Toledo
ELOIR SEBASTIÃO PAPE – SEAB/Toledo
ADALBERTO TELESCA BARBOSA – EMATER/Toledo
FERDINANDO NESSO NETO – FUNAI/Guaíra
RICARDO ENDRIGO – Prefeitura Municipal de Medianeira
CARLOS ALBERTO MILLIOLI – Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu
SÉRGIO GROSSENHEIMER – Prefeitura Municipal de Pato Bragado
TÂNIA MARIA IAKOVACZ LAGEMAM – Prefeitura Municipal de Toledo
KEILA KOCHEM – Prefeitura Municipal de Cascavel
ORNÉLIO MENSCH – Prefeitura Municipal de Mercedes

MEMBROS SUPLENTE:

SILVIO BENDER - SEMA /Toledo
MÁRCIO DE AZEVEDO MOREIRA – IAP/Foz do Iguaçu
GUMERCINDO NOGUEIRA DE BRITO – AGUASPARANÁ/Toledo
VALDECIR FERRANDIN – SEAB/Toledo
ÉLCIO PAVAN – EMATER/Toledo
JOSÉ TADEU – FUNAI/Guaíra
ALCIR BERTA ALÉSSIO – Prefeitura Municipal de Medianeira
JOÃO MATKIEVICZ FILHO – Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu
CLAUDETE LUCIA SACARAVONATTO – Prefeitura Municipal de Pato Bragado
LEOCLIDES LUIZ ROSO BISOGNIN – Prefeitura Municipal de Toledo
ADENIR DE LOURDES MOLINA MORI – Prefeitura Municipal de Cascavel
KELLI E. K. WEBER – Prefeitura Municipal de Mercedes

2 REPRESENTANTES DOS SETORES DE USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS

MEMBROS TITULARES:

FABIO LEAL OLIVEIRA - SANEPAR/Toledo
SIGMAR HERPICH - Horizonte Amidos/Marechal Cândido Rondon
ROSELÉIA MARTINI DE AGUIAR - SAAE/Marechal Cândido Rondon
NELSON NATALINO PALUDO - Sindicato Rural, FAEP/ Toledo
LUIZ YOSHIO SUZUKE - ITAIPU Binacional/Foz do Iguaçu
RENATO MAYER BUENO - SANEPAR/Foz do Iguaçu
VICENTE PAULO FERNANDES VALÉRIO - INAB/Toledo
NORBERTO JOSÉ MANZ - APS/AMS/ Toledo
JOSÉ UEBI MALUF - SINDICARNE/Toledo
CLAUDIANE MORETTI - Cooperativa Agroindustrial LAR/Medianeira
GISELE MARIA BROD CALDEREIRO - FRIMESA/Medianeira
VANDIR PAULO HOFFMANN - ACIMACAR/Marechal Cândido Rondon
KAREN DE LUCCA PAZ - OCEPAR/Curitiba

MEMBROS SUPLENTE:

ARTHUR CAMILLO FILHO - SANEPAR/Toledo
JORDANI LUIZ RODRIGUES- Horizonte Amidos/Marechal Cândido Rondon
GERSON LUIS DA SILVA - SAAE/Marechal Cândido Rondon
LAÉRCIO GALANTE - Sindicato Rural, FAEP/ Toledo
SIMONE FRIDERIGI BENASSI - ITAIPU Binacional/Foz do Iguaçu
NICOLAS LOPARDO - SANEPAR/Foz do Iguaçu
ROBERTO CARLOS PRIESNITZ - INAB/Toledo
ADILSON DILMAR KULPA - APS/AMS/ Toledo
ADRIANA BORGES - SINDICARNE/Toledo
FABIANA KANINOSKI PORTOLAN - Cooperativa Agroindustrial LAR/Medianeira
CÁTIA ELIZA DALPOSSO - FRIMESA/Medianeira
DENILSON SIEDEL - ACIMACAR/Marechal Cândido Rondon
MAYCON RICARDO ZIMERMANN - OCEPAR/Curitiba

3 REPRESENTANTES DA SOCIEDADE CIVIL ORGANIZADA

MEMBROS TITULARES:

DANIEL MARACA MIRI LOPES - Comunidade Indígena Tekoha Añetete/Diamante do Oeste
FABIANA COSTA DE ARAUJO SCHUTZ - UTFPR/Medianeira
ARMIN FEIDEN - UNIOESTE/Marechal Cândido Rondon
DIMER ISOTTON - CREA/Medianeira
PAULO SÉRGIO ROTTA - ABAS/Cascavel
GENUIR NODARI - Sindicato dos Trabalhadores Rurais/Toledo

MEMBROS SUPLENTE:

ANDERSON SANDRO DA ROCHA - UTFPR/Medianeira
ALISSON ALVES - PTI/Foz do Iguaçu
DANIEL GALAFASSI - CREA/Medianeira
JURANDIR BOZ FILHO - ABAS/Cascavel
DELVO BALDIN - Sindicato dos Trabalhadores Rurais/Toledo

AGUASPARANÁ

EQUIPE TÉCNICA

FABIO AUGUSTO GALLASSINI – Gerente de Bacias Hidrográficas e Chefe Regional – AGUASPARANÁ/Toledo

GUMERCINDO NOGUEIRA DE BRITO – Engenheiro Civil – AGUASPARANÁ/Toledo

ENÉAS SOUZA MACHADO – Diretor de Gestão de Bacias Hidrográficas – AGUASPARANÁ/Curitiba

IVO HEISLER JR – Engenheiro Civil – AGUASPARANÁ/Curitiba

OLGA POLATTI – Engenheira Civil – AGUASPARANÁ/Curitiba

ITAIPU BINACIONAL

DIRETORIA EXECUTIVA

JORGE MIGUEL SAMEK – Diretor-Geral Brasileiro
EFRAÍN ENRÍQUEZ GAMÓN – Diretor-Geral Paraguai
RAIMUNDO LÓPEZ FERREIRA – Diretor Técnico
EUSEBIO RAMÓN AYALA GIMENEZ – Diretor Jurídico Executivo
NILDO JOSÉ LUBKE – Diretor Jurídico
RÚBEN ESTEBAN BRASA – Diretor Administrativo Executivo
EDÉSIO FRANCO PASSOS – Diretor Administrativo
MARGARET MUSSOI LUCHETA GROFF – Diretora Financeira Executiva
MARÍA MERCEDES ELIZABETH RIVAS DUARTE – Diretora Financeira
DIANA BEATRIZ GARCÍA GALEANO – Diretora de Coordenação Executiva
NELTON MIGUEL FRIEDRICH – Diretor de Coordenação
JAIR KOTZ – Superintendente de Meio Ambiente

EQUIPE DE ELABORAÇÃO DO PLANO DA BACIA DO PARANÁ 3

1 PROFESSORES DA UNIOESTE

COORDENAÇÃO GERAL:

PROF. DR. ARMIN FEIDEN

EQUIPE DO CAMPUS DE CASCAVEL

PROF. DR. BRENO LEITÃO WAICHEL

PROF. M.SC. JORGE ADEMIR MEDEIROS

PROF.^a DR.^a IRENE CARNIATTO

EQUIPE DO CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

PROF.^a DR.^a ADRIANA MARIA DE GRANDI

PROF. M.SC. ANDREY LUIS BINDA

PROF. DR. ARMIN FEIDEN

PROF.^a DR.^a EDLEUSA PEREIRA SEIDEL

PROF.^a DR.^a MARCIA REGINA CALEGARI

PROF. DR. NARDEL LUIZ SOARES DA SILVA

PROF. DR. OSCAR V. QUINONEZ FERNANDEZ

PROF. DR. PEDRO CELSO SOARES DA SILVA

PROF. DR. WILSON JOÃO ZONIN

EQUIPE DO CAMPUS DE TOLEDO

PROF. DR. ALDI FEIDEN

PROF. DR. CAMILO FREDDY MENDOZA MOREJON

PROF. DR. CLEBER ANTONIO LINDINO

PROF.^a M.SC. DIUSLENE RODRIGUES FABRIS

PROF. M.SC. LUCIR REINALDO ALVES

PROF.^a DR.^a MARLI R. V. B. ROESLER

PROF. DR. RICARDO RIPPEL

PROF. DR. NYAMIEN YAHAUT SEBASTIEN

2 APOIO TÉCNICO (GRADUADOS, MESTRANDOS E DOUTORANDOS) DA UNIOESTE

ALINE COSTA GONZALEZ

ANA BEATRYZ SUZUKI

DONIZETE JOSÉ VICENTE JR.

JUCINEI FERNANDO FRANDALOSO

ROBERTO LUIS PORTZ

RONAN ROGER RORATO

3 ACADÊMICOS DA UNIOESTE

ALEXANDRE RODRIGO CERNY

ANDERSON MAIKON ZIMMERMANN

BRUNO BONEMBERGER DA SILVA

BRUNO RODRIGUES SAUNITTI

CAMILLA FERRADOZA BATALIOTO

DANIEL WAGNER ROGÉRIO

DEVANIR BATISTA DA CRUZ

FERNANDO JOSÉ LIMA

GABRIELE PIZZATTO

GRÉGORI OLDONI PAZINATO

HIGOR EINSTEIN FRANCISCONI LORIN

JANAINA FRANCISCA TOLFO

JHEISON THIAGO REIS

JULIANA TABORDA

JULIANI CRISTINA MEITH

LARISSA TEODORO RECKZIEGEL DA SILVA

LOUSIE DI FRANCISCO DE SOUZA RODRIGUES

LUIZ EDUARDO PERUZZO DE LIMA

MARGUITA MÁRCIA KAUFER

NAIRO EDUARDO HEPPE

RENAN DAS NEVES VANDERLINDE

SUELEN TERRE DE AZEVEDO

THIAGO KICH FOGAÇA

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	1
RESUMO EXECUTIVO.....	2
1.1 INTRODUÇÃO.....	3
1.2 ENCHENTES.....	4
1.2.1 ENCHENTES (CHEIAS).....	4
1.2.1.1 Alagamento.....	5
1.2.1.2 Enxurrada ou Inundação Brusca.....	5
1.2.1.3 Enchente ou Inundação Gradual.....	5
1.2.1.4 Inundação.....	5
1.2.1.5 Formas de Inundações.....	6
1.2.1.5.1 Inundações de áreas ribeirinhas.....	6
1.2.1.5.2 Inundações devido à urbanização.....	6
1.2.2 PRINCIPAIS TIPOS E CAUSAS MAIS FREQUENTES DAS ENCHENTES.....	7
1.2.2.1.1 Enchentes repentinas, bruscas e (ou) enxurradas.....	7
1.2.2.1.2 Enchentes em cidades ou alagamentos.....	7
1.2.2.2 Impactos.....	8
1.2.2.3 O que os órgãos públicos precisam fazer para evitar as inundações.....	8
1.2.2.4 O que o cidadão deve fazer para prevenir inundações.....	8
1.2.3 ENCHENTES (CHEIAS) NAS BACIAS DO PARANÁ E DO IGUAÇU.....	9
1.2.3.1 Áreas sob Influência dos Reservatórios nos Rios Paraná e Iguaçu.....	10
1.2.3.1.1 Pontos considerados para caracterizar situação de cheia na bacia.....	11
1.2.3.1.1.1 Vazões nos pontos de controle.....	11
1.2.3.1.1.2 Vazões previstas.....	11
1.2.3.1.1.3 Ocupação de volumes de espera dos reservatórios.....	12
1.2.3.1.2 Situação de operação no período de controle de cheias.....	12
1.2.3.1.2.1 Normal.....	12
1.2.3.1.2.2 Atenção.....	12
1.2.3.1.2.3 Alerta.....	13
1.2.3.1.2.4 Emergência.....	13
1.2.3.1.3 Ocorrências nas áreas regularizadas sob influências dos reservatórios nos rios Paraná e Iguaçu.....	13
1.2.3.2 Ocorrência de enchentes na bacia do Paraná 3.....	13
1.2.4 ESTIMATIVA DAS ÁREAS COM RISCO DE ENCHENTES NA BACIA DO PARANÁ 3.....	15
1.2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
1.3 ESTIAGENS.....	19
1.3.1 ESTIAGENS.....	19
1.3.1.1 Tipos de Secas.....	20
1.3.1.1.1 Seca permanente.....	20
1.3.1.1.2 Seca sazonal.....	20
1.3.1.1.3 Seca irregular e variável.....	20
1.3.1.1.4 Seca "invisível".....	21
1.3.2 SECAS E ESTIAGENS NO PARANÁ.....	21
1.3.2.1 Estiagens na bacia do Paraná 3.....	22
1.3.2.2 Estimativa da área com risco de déficit hídrico na bacia do Paraná 3.....	23

1.3.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
1.4 EROSÃO E URBANIZAÇÃO.....	28
1.4.1 EROSÃO E URBANIZAÇÃO.....	28
1.4.1.1 Erosão - Características Gerais.....	28
1.4.1.1.1 Erosão pelo Vento.....	29
1.4.1.1.2 Erosão pelas Ondas.....	30
1.4.1.1.3 Erosão Hídrica.....	30
1.4.1.1.3.1 Laminar.....	30
1.4.1.1.3.2 Linear.....	30
1.4.1.2 EROSÃO URBANA.....	31
1.4.1.2.1 Procedimentos para solucionar ou minimizar problemas de erosão.....	32
1.4.1.2.2 A Erosão no Estado do Paraná.....	32
1.4.1.2.3 Estimativa do risco de erosão urbana na bacia do Paraná 3.....	33
1.4.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
1.5 ACIDENTES AMBIENTAIS.....	39
1.5.1 ACIDENTES AMBIENTAIS.....	39
1.5.1.1 Histórico Recente de Acidentes Ocorridos no Paraná.....	39
1.5.1.1.1 Análise das Bacias Hidrográficas de Abastecimento Público.....	40
1.5.1.1.2 Critérios de Atribuição dos Índices de Risco Ambiental aos Diferentes Fatores de Risco Ambiental.....	40
1.5.1.1.2.1 Estradas Principais.....	40
1.5.1.1.2.2 Estradas Secundárias.....	41
1.5.1.1.2.3 Ferrovias.....	41
1.5.1.1.2.4 Oleodutos e Polidutos.....	42
1.5.1.1.2.5 Disposição de Resíduos Sólidos.....	42
1.5.1.1.2.6 Sedes Municipais.....	42
1.5.1.1.3 Determinação das Classes de Riscos Ambientais.....	44
1.5.1.2 Resultados - Bacias Hidrográficas e suas Classes de Risco Ambiental.....	44
1.5.1.2.1 Hierarquização das Unidades Hidrográficas Quanto ao Risco Ambiental	45
1.5.1.2.2 Resumo dos Acidentes em Mananciais por Unidade Hidrográfica.....	47
1.5.1.3 Riscos Ambientais na Bacia do Paraná 3.....	49
1.5.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Ocorrência de enchentes na bacia do Paraná 3.....	14
Figura 02: Estimativa da área com risco de enchentes na bacia do Paraná 3, Área Estratégica de Gestão BP3-1.....	16
Figura 03: Estimativa da área com risco de enchentes na bacia do Paraná 3, Área Estratégica de Gestão BP3-3.....	17
Figura 04: Ocorrência de estiagem na bacia do Paraná 3.....	22
Figura 05: Estimativa da área com risco de déficit hídrico na bacia do Paraná 3, Área Estratégica de Gestão BP3-1.....	24
Figura 06: Estimativa da área com risco de déficit hídrico na bacia do Paraná 3, Área Estratégica de Gestão BP3-2.....	25
Figura 07: Estimativa da área com risco de déficit hídrico na bacia do Paraná 3, Área Estratégica de Gestão BP3-3.....	26
Figura 08: Estimativa da área com risco de erosão urbana na bacia do Paraná 3, Área Estratégica de Gestão BP3-1.....	34
Figura 09: Estimativa da área com risco de erosão urbana na bacia do Paraná 3, Área Estratégica de Gestão BP3-2.....	35
Figura 10: Estimativa da área com risco de erosão urbana na bacia do Paraná 3, Área Estratégica de Gestão BP3-3.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Estimativa do dano da enchente no Paraná, por Bacia Hidrográfica e Região.	10
Tabela 02: Estimativa da área com risco de enchentes na bacia do Paraná 3.....	15
Tabela 03: Estimativa da área com risco de déficit hídrico na bacia do Paraná 3.....	23
Tabela 04: Estimativa das áreas urbanas com risco de erosão urbana na BP3-1.....	33
Tabela 05: Estimativa das áreas com risco de erosão urbana na BP3-2.....	35
Tabela 06: Estimativa das áreas com risco de erosão urbana na BP3-3.....	36
Tabela 07: Resumo dos Acidentes em Mananciais por Bacia Hidrográfica.....	45
Tabela 08: Resumo dos Acidentes em Mananciais por Bacia Hidrográfica.....	46
Tabela 09: Classificação do Grau de Risco Ambiental das Bacias Hidrográficas.....	47
Tabela 10: Classificação do Grau de Risco Ambiental das Unidades Hidrográficas.....	47

APRESENTAÇÃO

O presente relatório, denominado *Eventos Críticos - Levantamento e Análise de Eventos Críticos (Produto 5)*, é parte dos estudos para elaboração do *Plano da Bacia Hidrográfica do Paraná 3*, executado pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), por meio do *Termo de Compromisso N° JD/JE/014/09*, celebrado entre a UNIOESTE e ITAIPU BINACIONAL, para suporte do Termo de Cooperação firmado entre a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Saneamento (SUDERHSA), atual Instituto das Águas do Paraná (Aguasparaná) e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Paraná 3.

RESUMO EXECUTIVO

O presente relatório abrange os estudos de diagnóstico dos Eventos Críticos - Levantamento e Análise de Eventos Críticos da Bacia Hidrográfica do Paraná 3 e é constituído das seguintes partes:

- (1) Enchentes (Cheias);
- (2) Estiagens;
- (3) Erosão e Urbanização;
- (4) Acidentes Ambientais.

EVENTOS CRÍTICOS

(Produto 5)

1.1 INTRODUÇÃO

A bacia do Paraná 3 está localizada na mesorregião Oeste do Paraná, entre as latitudes 24° 01' S e 25° 35' S e as longitudes 53° 26' O e 54° 37' O e se estende em áreas dos municípios de Cascavel, Céu Azul, Diamante do Oeste, Entre Rios do Oeste, Foz do Iguaçu, Guaíra, Itaipulândia, Marechal Cândido Rondon, Maripá, Matelândia, Medianeira, Mercedes, Missal, Nova Santa Rosa, Ouro Verde do Oeste, Pato Bragado, Quatro Pontes, Ramilândia, Santa Helena, Santa Teresa do Oeste, Santa Teresinha de Itaipu, São José das Palmeiras, São Miguel do Iguaçu, São Pedro do Iguaçu, Terra Roxa, Toledo, Tupãssi e Vera Cruz do Oeste, perfazendo 28 municípios.

Nesta bacia, a ocorrência de eventos críticos necessita ser acompanhada, em função do uso dos recursos hídricos para os usos prioritários para abastecimento público, dessedentação animal e uso agrícola. Assim, neste relatório é realizado um levantamento destes eventos e feita uma análise dos mesmos, particularmente em relação a enchentes (cheias), estiagens, erosão e urbanização e acidentes ambientais.

1.2 ENCHENTES

Equipe:

Professores:

Nardel Luiz Soares da Silva (coord.)

Adriana Maria de Grandi

Armin Feiden

Edleusa Pereira Seidel

Pedro Celso Soares da Silva

Wilson João Zonin

Bolsistas:

Alexandre Rodrigo Cerny

Anderson Maikon Zimmermann

Jheison Thiago Reis

Nairo Eduardo Hepp

Jucinei Fernando Frandaloso

1.2.1 ENCHENTES (CHEIAS)

As enchentes são calamidades naturais ou não que ocorrem quando um leito natural recebe um volume de água superior ao que pode comportar, resultando em transbordamentos. Pode ocorrer em lagos, rios, córregos, mares e oceanos devido a chuvas fortes e contínuas.

As enchentes, nos dias de hoje, são resultado de um longo processo de modificação e desestabilização da natureza por forças humanas, que acompanha o crescimento rápido e muitas vezes não planejado da maior parte das cidades e de um modelo de agricultura que provoca redução de infiltração de água no solo e transporte de sedimento para o leito dos rios.

Antigamente, as várzeas (margens dos rios) faziam o controle natural da água. O solo ribeirinho era preparado para ser inundado nas épocas de cheia, absorvia boa parte da

água que transbordava e utilizava seus nutrientes. Hoje, quase todas as várzeas nas áreas urbanas se encontram ocupadas. Também uma imensa área às margens dos rios foi impermeabilizada pelo concreto, o que aumenta o volume de água a ser escoado.

Em áreas rurais ocorre com menos frequência, pois o solo bem como a vegetação se compromete a fazer a evacuação da água pela sucção da mesma provocando menores prejuízos. Já nas áreas urbanas, ocorre com maior frequência e força trazendo grandes prejuízos. As áreas urbanas são mais propícias a enchentes porque o solo dessas regiões são impedidos pelo asfalto e outros tipos de pavimentações de absorverem a água e também pela falta de vegetação ou pouca vegetação que contribui com a absorção da água.

A urbanização das cidades brasileiras e a ocupação das áreas ribeirinhas têm provocado impactos significativos na população e no meio ambiente, através do aumento da frequência e do nível das inundações, redução da qualidade de água e aumento de materiais sólidos nos corpos receptores.

Neste contexto, segundo a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Paraná (CEDEC, 2008), os tipos de ocorrência podem ser classificados, a saber:

1.2.1.1 Alagamento

Água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes.

1.2.1.2 Enxurrada ou Inundação Brusca

Volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas.

1.2.1.3 Enchente ou Inundação Gradual

Elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal. Termo normalmente utilizado como sinônimo de inundação.

1.2.1.4 Inundação

Transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. Em função da magnitude, as inundações são classificadas como: excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude. Em função do padrão evolutivo, são classificadas como, enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas.

Na maioria das vezes, o incremento dos caudais de superfície é provocado por precipitações pluviométricas intensas e concentradas, pela intensificação do regime de chuvas sazonais, por saturação do lençol freático ou por degelo. As inundações podem ter outras causas como, assoreamento do leito dos rios; compactação e impermeabilização do solo; erupções vulcânicas em áreas de nevados; invasão de terrenos deprimidos por maremotos, ondas intensificadas e macaréus; precipitações intensas com marés elevadas; rompimento de barragens; drenagem deficiente de áreas a montante de aterros; estrangulamento de rios provocado por desmoronamento (CEDEC, 2008).

1.2.1.5 Formas de Inundações

Podemos destacar as duas principais formas de inundações:

1.2.1.5.1 Inundações de áreas ribeirinhas

Os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoar na maioria do tempo e o leito maior, que é inundado em média a cada 2 anos. O impacto devido à inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita às enchentes.

Ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos chuvosos extremos, em média com tempo de retorno superior a dois anos. Normalmente, ocorre em bacias grandes (>500 km²), sendo decorrência de processos naturais do ciclo hidrológico.

1.2.1.5.2 Inundações devido à urbanização

As enchentes aumentam a sua frequência e magnitude devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamentos. Ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos chuvosos extremos, em média com tempo de retorno superior a dois anos (ultimamente este tempo tem diminuído). Normalmente ocorre em grandes bacias (> 500 km²), sendo decorrência de processo natural do ciclo hidrológico. Os impactos sobre a população são causados, principalmente, pela ocupação inadequada do espaço urbano. Essas condições ocorrem, em geral, devido às seguintes ações: como, a existência de loteamentos em áreas de risco de inundação; invasão de áreas ribeirinhas principalmente

pela população de baixa renda; ocupação de áreas de médio risco, que são atingidas com frequência menor, mas que quando o são, sofrem prejuízos significativos.

Para impedir ou diminuir os efeitos das enchentes e que inúmeras famílias percam seus patrimônios, pode-se construir barragens e reservatórios em áreas de maior risco, bueiros, diques e piscinões espalhados pela cidade com sua abertura protegida para impedir a entrada de resíduos sólidos, além de se promover a conscientização da população para que não deposite lixo nas vias públicas e leitos de rios, lagos e represas. Outras ações também são importantes para se minimizar os efeitos das enchentes, entre elas a regulamentação e fiscalização por meio do poder público do uso do solo, limitando a ocupação de áreas inundáveis a usos que não impeçam o armazenamento natural da água pelo solo e que sofram pequenos danos em caso de inundação. Esse zoneamento pode ser utilizado para promover usos produtivos e menos sujeitos a danos, permitindo a manutenção de áreas de uso social, como áreas livres no centro das cidades, reflorestamento, e certos tipos de uso recreacional.

1.2.2 PRINCIPAIS TIPOS E CAUSAS MAIS FREQUENTES DAS ENCHENTES

As enchentes que vêm ocorrendo no país podem ser classificadas em dois tipos, de acordo com a Secretaria Nacional de Defesa Civil (Sedec), órgão do Ministério da Integração Nacional.

1.2.2.1.1 Enchentes repentinas, bruscas e (ou) enxurradas

Ocorrem em regiões de relevo acentuado e montanhoso e se caracterizam pelo acúmulo de grande quantidade de água num curto período. São frequentes em rios de zonas montanhosas e vales profundos. Muitas vezes as águas de chuva arrastam terra sem vegetação devido aos deslizamentos nas margens dos rios. Chuvas fortes ou moderadas, mas duradouras, também podem originar enchentes repentinas, quando o solo esgota sua capacidade de infiltração.

1.2.2.1.2 Enchentes em cidades ou alagamentos

Águas se acumulam nas ruas e nos perímetros urbanos por fortes chuvas em cidades com sistema de drenagem deficiente. O fenômeno está relacionado à redução da infiltração natural nos solos urbanos, provocada por:

- a) Compactação e impermeabilização do solo;
- b) Pavimentação de ruas e construção de calçadas;

- c) Adensamento de edificações, que contribuem para reduzir o solo exposto e concentrar o escoamento das águas;
- d) Desmatamento de encostas e assoreamento dos rios;
- e) Acúmulo de detritos em galerias pluviais, canais de drenagem e cursos d'água.

1.2.2.2 Impactos

Na medida em que a cidade se urbaniza, em geral, ocorrem os seguintes impactos:

- a) Aumento das vazões máximas devido ao aumento da capacidade de escoamento e impermeabilização das superfícies;
- b) Aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos;
- c) Deterioração da qualidade das águas superficial e subterrânea devido à lavagem das ruas, transporte de material sólido e às ligações clandestinas de esgoto sanitário e pluvial; e,
- d) Contaminação de aquíferos.

1.2.2.3 O que os órgãos públicos precisam fazer para evitar as inundações

- a) Elaborar o plano diretor de desenvolvimento municipal, identificando áreas de risco e estabelecendo regras de assentamento da população. Pela Constituição, esse plano é obrigatório para municípios com mais de 20 mil habitantes.
- b) Fiscalizar as áreas de risco, evitando o assentamento perigoso.
- c) Aplicar multas, quando o morador não atender às recomendações.
- d) Elaborar plano de evacuação com sistema de alarme. Todo morador deve saber o que e como fazer para não ser atingido.
- e) Indicar que áreas são seguras para construção, com base no zoneamento.

1.2.2.4 O que o cidadão deve fazer para prevenir inundações

- a) Não jogar lixo em terrenos baldios ou na rua.
- b) Não jogar sedimentos, troncos, móveis, materiais e lixo nos rios, pois afetam o curso desses.
- c) Ao realizar uma obra, certificar-se de que os resíduos serão depositados em locais adequados.
- d) Não jogar lixo nos bueiros.

- e) Limpar o telhado e as canaletas de água.
- f) Não construir próximo a córregos.
- g) Não construir em cima ou embaixo de barrancos.

1.2.3 ENCHENTES (CHEIAS) NAS BACIAS DO PARANÁ E DO IGUAÇU

Em 1995 a JICA (*Japan International Cooperation Agency*) firmou um programa de cooperação com o Governo do Estado do Paraná. Como resultado foram propostos cenários para o controle de cheias em diversas regiões do estado. No estudo *The Master Plan Study on the Utilization of Water Resources in Paraná State*, a JICA apontou três fatores chave para ocorrência das inundações entre São Mateus do Sul e União da Vitória, a saber: (i) vazões extremamente grandes quando comparadas à área da calha principal do rio; (ii) baixa declividade do fundo do canal; e, (iii) a existência de muitas seções de controle. A JICA analisou também sete cenários com possíveis combinações de medidas estruturais e não-estruturais para o controle de cheias em União da Vitória (SUDERHSA, 2010).

Segundo esse estudo, as áreas sujeitas a enchentes, a saber:

- a) Região 1: Região Metropolitana de Curitiba;
- b) Região 2: Município de Porto Amazonas e São Mateus do Sul;
- c) Região 3: Município de Rebouças, Guarapuava e Irati;
- d) Região 4: Município de União da Vitória (PR), Porto Vitória (PR) e Porto União
- e) (SC);
- f) Região 5: Município de Rio Negro (PR), Mafra (Estado de Santa Catarina);
- g) Região 6: Município de Foz do Iguaçu (PR/BR), Cidade Del Este (Paraguai) e arredores;
- h) Região 7: Município de Morretes, Pontal do Paraná, Matinhos e Guaratuba;
- i) Região 8: Município de Capanema.

O resultado dessa divisão pode ser conferido na tabela 1 que apresenta as regiões mais susceptíveis às enchentes de grande porte no Estado.

Tabela 01: Estimativa do dano da enchente no Paraná, por Bacia Hidrográfica e Região.

BACIA HIDROGRÁFICA	REGIÃO	DANO DA ENCHENTE
Rio Iguaçu	Da região 1 a 5	4
	Região 1	4
	Região 2	4
	Região 3	2
	Região 4	5
	Região 5	5
	Região 8	2
Rio Paraná	Região 6	3
Bacia Litorânea	Acima do Reservatório da Itaipu	2
	Região 7	3
Outros	Ivaí, Tibagi, Itararé, Cinzas, Pirapó, Piquiri, Ribeira, Paranapanema	1

Obs.: O grau de Dano da Enchente foi classificado pelos seguintes graus: 5 para danos severos; 4 para danos de nível alto; 3 para danos de nível médio; 2 para danos de nível baixo; 1 para danos de nível insignificante; e, 0 para nenhum dano.

FONTE: JICA (1995), citado por SEMA-PR, 2010.

1.2.3.1 Áreas sob Influência dos Reservatórios nos Rios Paraná e Iguaçu

Os reservatórios da bacia do Rio Paraná são operados segundo regras de controle de cheias estabelecidas nos relatórios: ONS RE 3/192/2009 – Diretrizes para as Regras de Operação de Controle de Cheias – Bacia do Rio Paraná até Porto São José (Ciclo 2009-2010); e ONS RE 3/227/2011 - Diretrizes para as regras de operação de controle de cheias - Bacia do Rio Paraná até Porto São José (Ciclo 2011-2012) (ONS 2009 e ONS 2011a). Na região próxima da confluência do rio Paraná com o rio Paranapanema, existe problema de inundação na localidade de Porto São José, ponto de controle mais a jusante da bacia, onde vazões acima de $24.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, neste local, provocam inundações em cidades paranaenses (ONS, 2009).

Os reservatórios da bacia do Rio Iguaçu são operados segundo regras de controle de cheias estabelecidas nos relatórios: ONS - RE 3/070/2010 - Diretrizes para as regras de operação de controle de cheias - Bacia do Rio Iguaçu (ciclo 2009-2010); e, ONS - RE 0067/2011 - Diretrizes para as regras de operação de controle de cheias - Bacia do Rio Iguaçu (ciclo 2010-2011). Na região de confluência dos rios Paraná, Iguaçu e Acaray, à jusante de Itaipu, há locais sujeitos à inundação, em ambas as margens. Vazões acima de $51.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, no posto fluviométrico R-11, provocam inundações na usina paraguaia de Acaray. Ainda nesta região, por se situar nas fronteiras entre Brasil, Paraguai e Argentina, as vazões e níveis estão sujeitos a restrições impostas por acordos internacionais, como o Acordo Tripartite firmado entre estes três países. Em situação de cheia nestes locais, ou

previsão de ocorrência de cheia, o ONS fará gestão para efetivar, quando possível, ações de auxílio à minimização dos problemas com inundações (ONS 2009 e ONS 2010).

As regras de operação de controle de cheias se baseiam na regularização do fluxo das águas dos rios, mediante o monitoramento de alguns parâmetros, que podem caracterizar a existência de cheia na bacia hidrográfica.

Assim, a caracterização de cheia em uma bacia hidrográfica é definida pela previsão ou ocorrência de vazões naturais nos pontos de controle superiores às restrições de vazões máximas no plano anual de prevenção de cheias (ONS, 2011).

1.2.3.1.1 Pontos considerados para caracterizar situação de cheia na bacia

Os principais pontos a serem considerados nesta caracterização são: (1) a obtenção de vazões nos pontos de controle; (2) a disponibilidade e o horizonte de previsão; (3) a metodologia e processo adotados na obtenção das vazões previstas; e (4) a compatibilização dos valores. A seguir, apresenta-se os dados recomendados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico para o controle das cheias.

1.2.3.1.1.1 Vazões nos pontos de controle

Nos casos em que o ponto de controle é o próprio aproveitamento, a vazão é a obtida pelo acompanhamento da operação, porém, se o ponto é distante do aproveitamento a vazão no ponto deve ser informada pelo agente de geração responsável pela restrição de vazão máxima. A vazão considerada na caracterização é a vazão natural. O ONS, através dos procedimentos de acompanhamento da operação, reconstituirá a vazão natural nos pontos de aproveitamentos hidrelétricos.

Quanto aos pontos de controle a jusante dos aproveitamentos hidrelétricos, para fins de reconstituição de vazão natural, o ONS deverá receber do agente responsável pela restrição de vazão máxima as informações de nível e vazão no ponto de controle, além da informação de tempo de traslado da água entre o seu aproveitamento hidrelétrico e o ponto de controle.

As referidas informações deverão ser definidas e enviadas ao ONS nos processos para a elaboração do programa diário de defluências.

1.2.3.1.1.2 Vazões previstas

O horizonte de previsão é ajustável a cada bacia/trecho, podendo variar de algumas horas até vários dias. São adotados horizontes cujas previsões apresentem confiabilidade.

A metodologia e o processo adotados na previsão devem ser de conhecimento mútuo entre o ONS e os agentes de geração, de forma a permitir uma avaliação da qualidade da previsão obtida. Tanto o ONS quanto os agentes deverão informar, mediante solicitação da outra parte, as bacias operadas, a rede de postos utilizada, o sistema e a frequência de coleta de dados, a metodologia básica e modelos utilizados, a previsão de chuva considerada (se utilizar) e outras informações relevantes.

Deve-se buscar a compatibilização dos valores previstos, porém em caso de divergência prevalece a previsão de maior severidade.

1.2.3.1.1.3 Ocupação de volumes de espera dos reservatórios

Para os sistemas de reservatórios independentes para controle de cheias constituídos de um único reservatório de regularização, a ocupação dos volumes de espera dos reservatórios fica caracterizada quando os volumes vazios disponíveis são inferiores aos volumes de espera estabelecidos no plano anual de prevenção de cheias.

Para os sistemas de reservatórios interdependentes para controle de cheias, a ocupação dos volumes de espera dos reservatórios fica caracterizada quando os tempos de recorrência proporcionados pelos volumes vazios disponíveis são inferiores aos tempos de recorrência recomendados no plano anual de prevenção de cheias.

Nos reservatórios onde o controle de cheias não utiliza a metodologia de volumes de espera deve-se desconsiderar este item na caracterização das situações de operação.

1.2.3.1.2 Situação de operação no período de controle de cheias

A situação de operação no período de controle de cheias pode ser classificada em Normal, Atenção, Alerta e Emergência.

1.2.3.1.2.1 Normal

Não há caracterização de cheia, não há ocupação de volumes de espera e não há indicativo de violação de restrições hidráulicas de vazões máximas, consideradas ou não no plano anual de prevenção de cheias.

1.2.3.1.2.2 Atenção

Há caracterização de cheia ou há ocupação de volumes de espera; e não há indicativo de violação de restrições hidráulicas de vazões máximas consideradas no plano anual de prevenção de cheias.

E não há indicativo de violação de restrição hidráulica de vazões máximas não considerada no plano anual de prevenção de cheias.

1.2.3.1.2.3 Alerta

Há caracterização de cheia, há ocupação de volumes de espera e há indicativo de violação das restrições hidráulicas de vazões máximas consideradas no plano anual de prevenção de cheias.

Ou há indicativo de violação de restrição hidráulica de vazões máximas não considerada no plano anual de prevenção de cheias.

1.2.3.1.2.4 Emergência

Há caracterização de cheia, há ocupação de volumes de espera e há violação de restrições hidráulicas de vazões máximas consideradas no plano anual de prevenção de cheias.

Ou há violação de restrição hidráulica de vazões máximas não considerada no plano anual de prevenção de cheias.

1.2.3.1.3 Ocorrências nas áreas regularizadas sob influências dos reservatórios nos rios Paraná e Iguaçu

Apesar das regras de controle e das operações de regularização das vazões, quando são atingidos os limites previstos nos planos, as águas são liberadas nos reservatórios e podem causar danos pela velocidade com que são liberadas.

Assim, chuvas intensas no rio Paraná ou nos rios que formam a bacia do rio Paraná como os rios Ivaí, Tibagi, Paranapanema e Piquiri, na região de Guaíra, onde começa o reservatório da usina de Itaipu, podem desencadear o processo. Também chuvas intensas no rio Iguaçu e seus afluentes, afetando o rio Paraná, por represar a área da foz do rio Iguaçu.

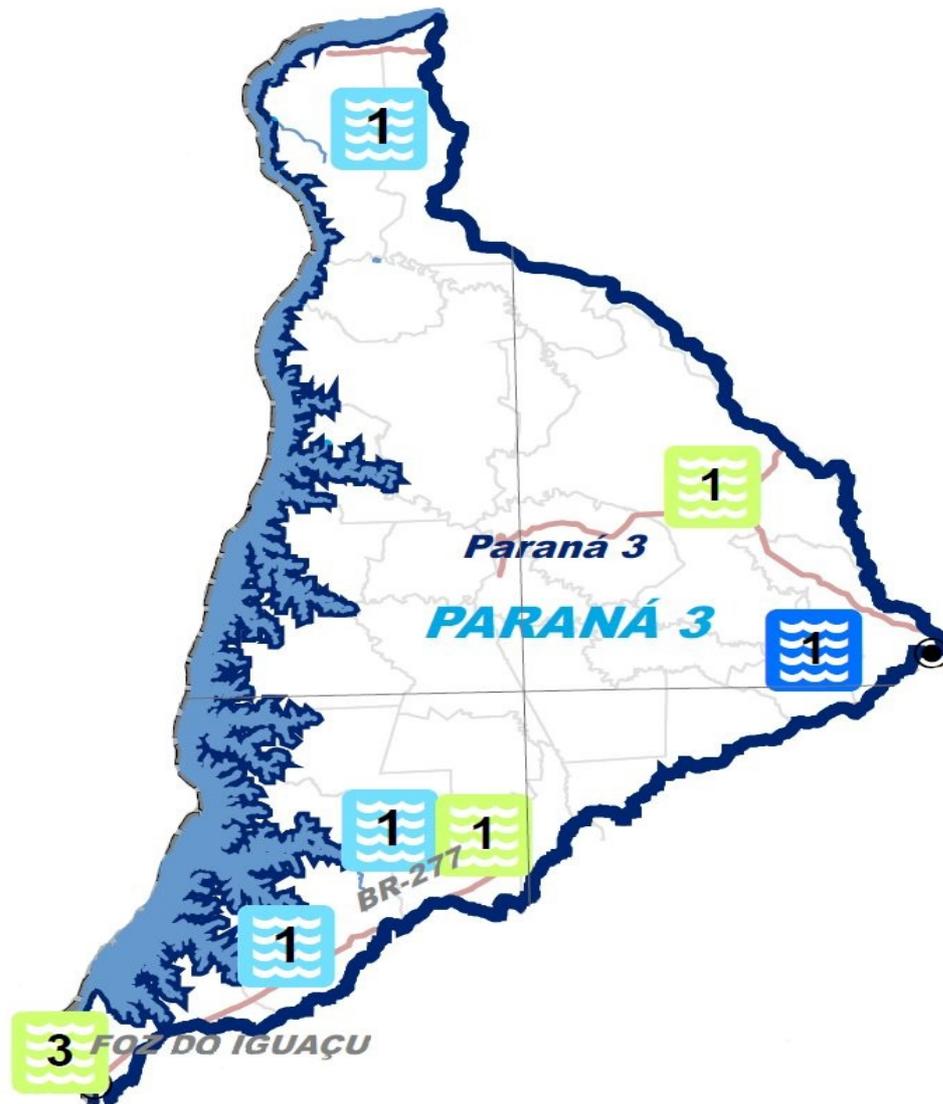
Em outubro de 2009 as áreas da confluência dos rios Paraná e Iguaçu ficou 16 dias inundada. Em janeiro de 2010, a mesma área sofreu nova inundação, com as águas subindo mais de 14 metros do nível normal, desabrigando mais de 65 famílias em Ciudad del Este e causando inundações no Porto Meira, atingindo as operações de extração de areia e afetando outras atividades econômicas (GAZETA DO IGUAÇU, 2010).

1.2.3.2 Ocorrência de enchentes na bacia do Paraná 3

Na região da bacia do Paraná 3, segundo a Coordenadoria da Defesa Civil, foram registradas nove ocorrências de enchentes na bacia do Paraná 3, conforme pode ser visto na figura 1.

Destas, três foram de enxurradas ou inundações bruscas, sendo que uma delas ocorreu na região de Guaíra, outra na região de Medianeira e a outra na região de São Miguel de Iguçu. Foi registrada uma enchente ou inundação gradual, que ocorreu na região de Cascavel. E foram registradas cinco alagamentos, um na região de Toledo, outro na região de Medianeira e os três restantes na região de Foz do Iguçu (PERH-SUDERHSA, 2010).

Figura 01: Ocorrência de enchentes na bacia do Paraná 3.



Obs.: Legenda: verde claro: alagamentos; azul claro: enxurradas ou inundações bruscas; azul escuro: enchentes ou inundações graduais. Os números representam a quantidade de ocorrências.

Fonte: Adaptado de PERH-SUDERHSA (2010).

1.2.4 ESTIMATIVA DAS ÁREAS COM RISCO DE ENCHENTES NA BACIA DO PARANÁ 3

Na bacia do Paraná 3, existem 30,41 km² de áreas com características propícias para sofrer enchentes, inundações ou alagamentos. Na tabela 2 estão listadas essas áreas, separadas por área estratégica de gestão.

Verifica-se que na área estratégica BP3-1 temos 14,89 km² de áreas com risco de enchentes, o que representa 48,95% dessas área da bacia do Paraná 3. Estas áreas estão identificadas na figura 2. Na área estratégica BP3-2, não foram identificadas áreas significativas com risco de enchentes. E na BP3-3, foram identificadas areas de risco com um total de 15,52 km². A figura 3 mostra essas áreas.

Tabela 02: Estimativa da área com risco de enchentes na bacia do Paraná 3.

LOCALIZAÇÃO	ÁREA (km ²)	%
BP3-1	14,89	48,95
BP3-2	0,00	0,00
BP3-3	15,52	51,05
BP3 – Área Total	30,41	100,00

Fonte: Áreas a partir das bases cartográficas da SUDERHSA (2009) e PARANÁCIDADE (2006).

Em relação a área total da bacia, de 7.990 km², a área total com risco de enchente, de 30,41 km², representa apenas 0,38% d área total, sendo, portanto, uma área pouco significativa no contexto total da bacia.

1.2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CEDEC. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Paraná. Curitiba: CEDEC, 2008.
2. GAZETA DO IGUAÇU. Rio Paraná sobe mais de um metro em duas horas. Notícias. 16 de jan. de 2010.
3. IPARDES (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL). Leituras Regionais - Meso Região Oeste Paranaense. Curitiba: IPARDES, 2003. 145p. Il. Col.
4. IPARDES (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL). O Oeste Paranaense: o 3º Espaço Relevante especificidades e diversidades. Curitiba: IPARDES, 2005. 88p. Il. Col.
5. MÜLLER, I. I., KRÜGER, C. M. e KAVISKI, E. Análise de estacionariedade de séries hidrológicas na bacia incremental de Itaipu. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.3, n.4, 51-71, 1998.
6. ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). RE 3/192/2009 - Diretrizes para as regras de operação de controle de cheias - Bacia do Rio Paraná até Porto São José (Ciclo 2011-2012). Rio de Janeiro: ONS, 2009. 204p., Il., Color.
7. ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). RE 3/070/2010 - Diretrizes para as regras de operação de controle de cheias - Bacia do Rio Iguaçu (ciclo 2009-2010). Rio de Janeiro: ONS, 2010, 49p., Il., Color.
8. ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). RE 3/227/2011 - Diretrizes para as regras de operação de controle de cheias - Bacia do Rio Paraná até Porto São José (Ciclo 2011-2012). Rio de Janeiro: ONS, 2011a. 208p., Il., Color.
9. ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). RE 0067/2011 - Diretrizes para as regras de operação de controle de cheias - Bacia do Rio Iguaçu (ciclo 2010-2011). Rio de Janeiro: ONS, 2011b, 48p., Il., Color.
10. PERH-SUDERHSA. Plano Estadual dos Recursos Hídricos – Produto 1.2 - Parte D - Avaliação das Disponibilidades Hídricas, Eventos Críticos e Monitoramento do Uso de Recursos Hídricos - Revisão Final. Curitiba: SUDERHSA, 2010. 91p.
11. PORTAL SÃO FRANCISCO. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/inundacoes/inundacoes-2.php>>. Acesso em: 12 out. 2011.

1.3 ESTIAGENS

Equipe:

Professores:

Pedro Celso Soares da Silva (coord.)
Adriana Maria de Grandi
Armin Feiden
Edleusa Pereira Seidel
Nardel Luiz Soares da Silva
Wilson João Zonin

Bolsistas:

Alexandre Rodrigo Cerny
Anderson Maikon Zimmermann
Jheison Thiago Reis
Nairo Eduardo Hepp
Jucinei Fernando Frandaloso

1.3.1 ESTIAGENS

A disponibilidade de água de boa qualidade e com um volume adequado é um dos fatores limitantes ao desenvolvimento das atividades econômicas.

A seca ou estiagem é um fenômeno climático causado pela insuficiência de precipitação pluviométrica, ou chuva, numa determinada região por um período de tempo.

Existe uma pequena diferença entre seca e estiagem. Por seca, entende-se um período de tempo seco, suficientemente prolongado, para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico. E por estiagem, entende-se um período prolongado de baixa pluviosidade ou sua ausência, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição.

Estes fenômenos provocam desequilíbrios hidrológicos importantes. Normalmente a ocorrência da seca se dá quando a evapotranspiração ultrapassa por um período de tempo a precipitação de chuvas.

1.3.1.1 Tipos de Secas

As secas podem ser geradas pelos mais diversos fenômenos climatológicos, em função disto, criou-se uma tipologia da seca.

1.3.1.1.1 Seca permanente

Seca permanente: É caracterizada pelo clima desértico, onde a vegetação se adaptou às condições de aridez, inexistindo cursos de água. Estes só aparecem depois das chuvas que via de regra são fortíssimas tempestades. Este tipo de seca impossibilita a agricultura sem irrigação permanente.

1.3.1.1.2 Seca sazonal

Seca sazonal: A seca sazonal é uma particularidade de regiões onde o clima é semiárido. Nestas a vegetação reproduz-se porque os vegetais adaptados geram sementes e morrem em seguida, ou mantêm a vida em estado latente durante a seca. Nestas regiões os rios só sobrevivem se a sua água for oriunda de outras regiões onde o clima é úmido. Este tipo de seca possibilita o plantio desde que em períodos de chuvas, ou por irrigação.

1.3.1.1.3 Seca irregular e variável

Seca irregular e variável: A seca irregular pode ocorrer em qualquer região onde o clima seja úmido ou subúmido e caracterizado por apresentar variabilidade climática do ponto de vista estatístico. Estas, são secas cujo período de retorno é breve e incerto. Normalmente são limitadas em área, e não em grandes regiões, não ocorrem numa estação definida e inexistem previsibilidade de sua ocorrência, isto é, não há um ciclo bem definido. Trata-se de um fenômeno estatístico (ou estocástico), cuja estrutura de eventos pode ser descrita por uma teoria mais geral que o cálculo de médias e desvios, por exemplo pela teoria da Cadeia de Markov, aplicando ordem superior e um grupo de quantis: extremamente seco, muito seco, seco, normal, úmido, muito úmido, extremamente úmido, separando classes de mesma probabilidade de ocorrência. Acredita-se que a estação de verão favoreça as secas pois existe um grande aumento da evapotranspiração devido ao incremento da irradiância solar incidente, sobretudo quando as taxas de precipitação estão abaixo do quantil seco ou muito seco. Assim, várias variáveis meteorológicas devem ser consideradas na definição da ocorrência das secas, não somente a taxa de precipitação, mas também a temperatura, a umidade do solo, o grau de verdejamento da vegetação, a radiação solar incidente, etc.

1.3.1.1.4 Seca "invisível"

Seca "invisível": De todos, este tipo de seca é o pior, pois a precipitação não é interrompida, porém, o índice de evapotranspiração é maior que o índice pluviométrico causando um desequilíbrio da umidade regional. Este desequilíbrio gera uma redução da umidade do ar que por sua vez aumenta o índice de evapotranspiração, que por sua vez realimenta a perda de umidade subterrânea para a atmosfera, que devolve esta em forma de chuva, que porém não é suficiente para aumentar a umidade do solo.

1.3.2 SECAS E ESTIAGENS NO PARANÁ

No estado do Paraná, mais precisamente no ano de 1963, uma grande seca provocou incêndios florestais por todas regiões do estado, devido ao ar extremamente seco, uma estiagem sem precedentes no estado, com 6 meses sem chuva.

No final de agosto de 1963 o Paraná viu-se tomado de inúmeros focos de incêndios que abalaram as estruturas econômicas e sociais do Estado. A grande estiagem ocorrida a partir de janeiro, as geadas do mês de agosto e o início das queimadas no campo foram as principais consequências dos incêndios.

Em um período compreendido entre agosto e setembro o fogo atingiu 128 municípios paranaenses. A área devastada foi calculada em torno de 21 mil quilômetros quadrados, a qual era ocupada por casas, sítios, lavouras e reservas florestais, gerando um prejuízo de bilhões de cruzeiros (PARANÁ, 1964, p. 5).

De acordo com o relatório elaborado pelo governo do Estado do Paraná (1964), cerca de 600 mil alqueires de matas, pastagens e lavouras, além de casas, sítios, fazendas e paióis foram devastados pelo fogo. Imensas reservas florestais também foram destruídas. E o número de mortos foi calculado em aproximadamente cem pessoas.

Em fins de agosto, a situação do Paraná era de calamidade pública, oficializada através de decreto de iniciativa do Legislativo e aprovada por unanimidade da Casa.

Depois das fortes geadas, o Estado vinha sendo assolado pela maior seca dos últimos setenta anos e que dera origem a incêndios devastadores. Incalculáveis riquezas estavam sendo queimadas. O desemprego ascendeu a dezenas de milhares de pessoas que, agora, integravam o novo contingente de homens sacrificados: os flagelados (Paraná, 1964, p. 13).

Para uma melhor compreensão dos incêndios ocorridos no Paraná devemos realizar uma análise climática do período. O ano de 1963 foi consagrado pela literatura climatológica como um dos mais secos do século passado, na região Centro-Sul do Brasil

(Apud: Ribeiro, 1984, p. 25). Os Estados de São Paulo e Paraná foram os que mais sofreram com a prolongada estiagem. Deve-se considerar também que a falta de chuva foi agravada pelas fortes geadas que ocorreram durante a primeira quinzena de agosto.

De acordo com Ribeiro (1984), a evolução do quadro climatológico no ano de 1963 pode ser considerada normal até meados do mês de abril, período em que as chuvas ficam escassas e desaparecem até o final do ano.

1.3.2.1 Estiagens na bacia do Paraná 3

Na região da bacia do Paraná 3, segundo a Coordenadoria da Defesa Civil, foram registradas 35 ocorrências de estiagens de 2003 a 2008. A figura 4 mostra essas ocorrências.

Figura 04: Ocorrência de estiagem na bacia do Paraná 3.



Legenda: amarelo claro: estiagem. O número dentro do quadrado inca o número de ocorrências.
Fonte: Áreas a partir das bases cartográficas da SUDERHSA (2009) e PARANÁCIDADE (2006).

1.3.2.2 Estimativa da área com risco de deficit hídrico na bacia do Paraná 3.

A região da bacia do Paraná 3 possui 1.151,63 km² de áreas com risco de sofrer deficit hídrico, em períodos com baixa precipitação, conforme pode ser visualizado na tabela 3.

Deste total, a área estratégica de gestão BP3-1 possui 191,16 km², o que representa 16,60% do total da área de risco de deficit hídrico bacia do Paraná 3. A distribuição destas áreas pode ser visualizada na figura 5.

A área estratégica de gestão BP3-2 possui 167,93 km², o que representa 14,58% do total da área de risco de deficit hídrico da bacia do Paraná 3. A distribuição destas áreas pode ser visualizada na figura 6.

E a área estratégica de gestão BP3-3 possui 792,54 km², mais do que o total das áreas anteriores somadas, o que representa 68,82% do total da área de risco de deficit hídrico bacia do Paraná 3. A distribuição destas áreas pode ser visualizada na figura 7.

Tabela 03: Estimativa da área com risco de deficit hídrico na bacia do Paraná 3.

LOCALIZAÇÃO	ÁREA (km ²)	%
BP3-1	191,16	16,60
BP3-2	167,93	14,58
BP3-3	792,54	68,82
BP3 – Área Total	1.151,63	100,00

Fonte: Áreas a partir das bases cartográficas da SUDERHSA (2009) e PARANÁCIDADE (2006).

Considerando-se a área total da bacia do Paraná 3, de 7.990 km², a área com risco de deficit hídrico , de 1.151,63 km², representa 14,41%, o que indica a necessidade de implantação de medidas preventivas para minimizar os efeitos destes eventos quando ocorrerem.

1.3.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IPARDES (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL). Leituras Regionais - Meso Região Oeste Paranaense. Curitiba: IPARDES, 2003. 145p. Il. Col.
2. IPARDES (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL). O Oeste Paranaense: o 3º Espaço Relevante especificidades e diversidades. Curitiba: IPARDES, 2005. 88p. Il. Col.
3. PARANÁ. Paraná: do flagelo à recuperação. Curitiba: Departamento de Imprensa Oficial, 1963.
4. PAIXÃO, L. A. da. Fogo na Roça: Desastres Ambientais no Estado Do Paraná (1963). Maringá: UEM. Disponível em: <<http://www.cih.uem.br/anais/2011/trabalhos/107.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2011.
1. PERH-SUDERHSA. Plano Estadual dos Recursos Hídricos – Produto 1.2 - Parte D - Avaliação das Disponibilidades Hídricas, Eventos Críticos e Monitoramento do Uso de Recursos Hídricos - Revisão Final. Curitiba: SUDERHSA, 2010. 91p.

1.4 EROSÃO E URBANIZAÇÃO

Equipe:

Professores:

Pedro Celso Soares da Silva (coord.)
Adriana Maria de Grandi
Armin Feiden
Edleusa Pereira Seidel
Nardel Luiz Soares da Silva
Wilson João Zonin

Bolsistas:

Alexandre Rodrigo Cerny
Anderson Maikon Zimmermann
Jheison Thiago Reis
Nairo Eduardo Hepp
Jucinei Fernando Frandaloso

1.4.1 EROSÃO E URBANIZAÇÃO

1.4.1.1 Erosão - Características Gerais

Erosão é o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou fragmentos de rocha, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo ou organismos. Em outras palavras, os processos erosivos são condicionados basicamente por alterações do meio ambiente, provocadas pelo uso do solo nas suas várias formas, desde o desmatamento e a agricultura, até obras urbanas e viárias, que, de alguma forma, propiciam a concentração das águas de escoamento superficial.

A erosão do solo é um fenômeno complexo, envolve desagregação, transporte e deposição de partículas. É influenciada pela chuva, pelo tipo de solo, pela topografia, pela cobertura e sistema de manejo, além das práticas conservacionistas de suporte (TELLES et al., 2009).

A erosão hídrica, principal forma de degradação dos solos no Brasil, é resultante da ação conjunta do impacto das gotas de chuva e da enxurrada que, além de partículas de solo em suspensão, transporta nutrientes, matéria orgânica e defensivos agrícolas, causando prejuízos à atividade agrícola. A integração desses fatores contribui para o declínio acentuado da produtividade do solo, pelo surgimento de condições que impedem ou retardam o desenvolvimento normal das plantas. Nesse contexto, Bennett (1923) foi o primeiro autor a reconhecer, formalmente, a variabilidade das propriedades do solo que influem nesse processo e associá-las a perdas econômicas (TELLES et al., 2009).

Com efeito, a ação antrópica sobre o meio ambiente contribui para a aceleração do processo erosivo, trazendo como consequências, a perda de solos férteis, a poluição da água, o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios e a degradação e redução da produtividade global dos ecossistemas terrestres e aquáticos (PARANÁ, 2010).

Segundo OLIVEIRA et al. (1987), o fenômeno de erosão vem acarretando, através da degradação dos solos e, por consequência, das águas, um pesado ônus à sociedade, pois além de danos ambientais irreversíveis, produz também prejuízos econômicos e sociais, diminuindo a produtividade agrícola, provocando a redução da produção de energia elétrica e do volume de água para abastecimento urbano devido ao assoreamento de reservatórios, além de uma série de transtornos aos demais setores produtivos da economia.

Já segundo LIMA (1987), o estabelecimento de qualquer processo erosivo requer, antes de tudo, um agente (água ou vento) e o material (solo), sobre o qual agirá, desprendendo e desagregando as partículas e transportando-as. A interação entre material e agente consiste na busca de um estado de maior equilíbrio, antes desfeito de forma natural ou devido a efeitos antrópicos.

As principais formas de erosão podem ser tipificadas, conforme os principais agentes causadores apresentados pelo Programa de Desenvolvimento Rural do Paraná.

1.4.1.1.1 Erosão pelo Vento

Consiste no transporte aéreo ou por rolamento das partículas erodidas do solo. Possui relevância nas regiões de ventos fortes, sendo melhor notada em regiões planas. Um dos principais danos causados pela erosão eólica é o enterramento de solos férteis, uma vez que os materiais transportados, mesmo de longas distâncias, sedimentam-se e recobrem camadas férteis.

1.4.1.1.2 Erosão pelas Ondas

A ação conjunta de vento e água forma as ondas, cujos efeitos são notados em ambientes lacustres, litorâneos e nas margens de rios. O embate das águas (fluxo e refluxo) nas margens provoca o desagregamento de material que permanece suspenso e depositado posteriormente no fundo dos rios, lagos e mares. Destaca-se que no litoral, a erosão é muito influenciada pelo movimento das marés. Na bacia do Paraná 3, ocorre nas margens do lago de Itaipu.

1.4.1.1.3 Erosão Hídrica

Causada principalmente pela precipitação pluviométrica, é o tipo mais relevante de erosão no território brasileiro. Desagrega e transporta o material erodido com facilidade, principalmente em solos desprovidos de vegetação. As gotas de chuva desagregam partículas que, conforme seu tamanho, são facilmente carregadas pela enxurrada. Segundo SALOMÃO (1995), pode ser assim classificadas:

1.4.1.1.3.1 Laminar

Quando o solo apresenta uma coloração mais clara, a produtividade vai diminuindo e observa-se o abaixamento da cota do terreno.

1.4.1.1.3.2 Linear

Quando as formas de erosão são causadas por escoamento superficial concentrado. É subdivida em:

1.4.1.1.3.2.1 Sulcos

Os sulcos são pequenas incisões na superfície (filetes muito rasos) perpendiculares às curvas de nível. Podem ser eliminados por operações normais de preparo do solo.

1.4.1.1.3.2.2 Calhas

As calhas são uma forma de canal originada pelo escoamento concentrado das águas superficiais. São rasas como os sulcos, porém possuem bordas suaves e largura inferior a dez metros.

1.4.1.1.3.2.3 Ravinas

As ravinas ocorrem quando a água do escoamento superficial escava o solo atingindo seus horizontes inferiores e, em seguida, a rocha. Apresentam profundidade maior

que meio metro e diferenciam-se dos sulcos por não serem suprimidas pelas operações normais de preparo do solo. Possuem forma retilínea, alongada e estreita, raramente se ramificam e não chegam a atingir o nível freático. Apresentam perfil transversal em “V” e geralmente ocorrem entre os eixos de drenagens, muitas vezes associadas a estradas, trilhas de gado e carreadores; e,

1.4.1.1.3.2.4 Voçorocas

A voçorocas são formas mais complexas e destrutivas do quadro evolutivo da erosão linear e devem-se à ação combinada das águas do escoamento superficial e subterrâneo, desenvolvendo processos como o *piping*, liquefação de areias, escorregamentos, corridas de areia, entre outros. Em geral, as voçorocas são ramificadas, de grande profundidade, apresentando paredes irregulares e perfil transversal em “U”. São formas erosivas de difícil controle e tem como fator principal e decisivo em seu surgimento o inadequado uso do solo. Recebem o nome de “voçorocas de drenagem” quando se instalam ao longo dos cursos d’água, principalmente nas cabeceiras. Quando do aprofundamento de ravinas até o nível freático, são denominadas voçorocas de encosta.

1.4.1.2 EROSÃO URBANA

A erosão urbana é um dos principais problemas ambientais que afetam as cidades. Ela assume formas assustadoras, destruindo a infraestrutura (ruas, guias, sarjetas, redes de água e esgoto, etc), causando assoreamento nos reservatórios e leito dos rios, e agravando mais as enchentes. A ocupação intensa dos terrenos próximos às erosões multiplica os riscos de acidentes. Além disso, geralmente as grandes erosões (denominadas voçorocas) tornam-se áreas de despejo de lixo, transformando em focos de doenças.

Como principais causas podemos relacionar:

1. Desmatamentos e retirada da cobertura verde;
2. Falta de implementação de políticas;
3. Práticas de parcelamento do solo inadequadas e deficientes;
4. Construção de moradias em encostas e em solos inadequados ;
5. Impermeabilização do solo;
6. Técnicas agrícolas inadequadas;
7. Drenagem inadequada dos loteamentos;
8. Falta de manutenção das obras de infraestrutura urbana.

1.4.1.2.1 Procedimentos para solucionar ou minimizar problemas de erosão

Para solucionar ou minimizar os problemas de erosão, propõem-se algumas medidas:

1. Reflorestar e manter as áreas verdes;
2. Planejamento urbano com infraestrutura adequada;
3. Acabar com o favorecimento político;
4. Implantar técnicas agrícolas adequadas;
5. Zoneamento das áreas de risco;
6. Realizar obras de controle de erosão e recuperação de áreas degradadas;
7. Disciplinar águas superficiais através de sistemas eficientes de drenagem;
8. Trabalhos de educação ambiental que devam atingir toda a população;
9. Fiscalização efetiva dos órgãos municipais e estaduais, de forma integrada.

CUNHA (1991), observa que a ocupação humana do território representa o fator decisivo na aceleração dos processos erosivos, que são comandados pelos seguintes fatores naturais:

- a) Volume d'água que atinge o terreno: o volume d'água e sua distribuição no tempo e espaço são determinantes da velocidade dos processos erosivos;
- b) Cobertura vegetal: o tipo de cobertura vegetal determina a maior ou menor proteção contra o impacto e a remoção das partículas de solo pela água;
- c) Tipo de solo/rocha: determina a suscetibilidade dos terrenos à erosão (à erodibilidade), em função de suas características texturais (argilosos, siltosos e arenosos), estruturais, de espessura de solos etc.;
- d) Lençol freático: a profundidade do lençol freático nos solos é fator decisivo para o desenvolvimento de voçorocas;
- e) Topografia: maiores declividades determinam maiores velocidades de escoamento das águas, aumentando sua capacidade erosiva. Maior comprimento da encosta implica maior tempo de escoamento e, conseqüentemente, maior erosão.

1.4.1.2.2 A Erosão no Estado do Paraná

As regiões com maior susceptibilidade à erosão no Estado do Paraná são a região noroeste do Estado (Arenito Caiuá) e algumas concentrações na unidade hidrográfica do Baixo Iguaçu, na região do Arenito Botucatu, especialmente nas unidades hidrográficas do

Alto Ivaí, Baixo Tibagi e Cinzas / Itararé / Paranapanema 1 e 2, e uma área do Arenito do Cristalino, na unidade hidrográfica do Alto Iguaçu / Ribeira (PARANÁ, 2010).

1.4.1.2.3 Estimativa do risco de erosão urbana na bacia do Paraná 3

Na bacia do Paraná 3, muitas áreas urbanas apresentam risco de sofrer erosão. A tabela 4 apresenta as áreas com risco de erosão urbana da área estratégica de gestão BP3-1.

Tabela 04: Estimativa das áreas urbanas com risco de erosão urbana na BP3-1.

Município	AEG	Cidade	Área Urbana Total (ha)	Área com Risco de Erosão	% de Área com Risco de Erosão
Entre Rios do Oeste	BP3-1	Entre Rios do Oeste	158,23	54,63	34,53
Entre Rios do Oeste	BP3-1	Vila Vista Alegre	9,75	0,00	0,00
Guaíra	BP3-1	Bela Vista do Oeste	41,76	0,00	0,00
Guaíra	BP3-1	Doutor Oliveira Castro	160,64	95,31	59,33
Guaíra	BP3-1	Guaíra	855,94	397,01	46,38
Guaíra	BP3-1	Vila Eletrosul	56,92	46,43	81,57
Mal. C. Rondon	BP3-1	Bela Vista	24,00	24,00	100,00
Mal. C. Rondon	BP3-1	Bom Jardim	25,31	3,15	12,44
Mal. C. Rondon	BP3-1	Curvado	11,44	11,44	100,00
Mal. C. Rondon	BP3-1	Iguiporã	33,52	0,00	0,00
Mal. C. Rondon	BP3-1	Mal. C. Rondon	1.544,95	30,28	1,96
Mal. C. Rondon	BP3-1	Margarida	82,30	39,35	47,82
Mal. C. Rondon	BP3-1	Novo Horizonte	27,39	0,00	0,00
Mal. C. Rondon	BP3-1	Novo Três Passos	29,91	0,00	0,00
Mal. C. Rondon	BP3-1	Porto Mendes	98,73	0,00	0,00
Mal. C. Rondon	BP3-1	Vila Rural	24,58	24,58	100,00
Mal. C. Rondon	BP3-1 e BP3-2	São Roque	23,96	23,96	100,00
Maripá	BP3-1 e Outra	Pérola Independente	57,69	27,88	48,32
Maripá	BP3-1 e Outra	Vila Candeia	50,93	0,00	0,00
Mercedes	BP3-1	Mercedes	167,74	0,00	0,00
Mercedes	BP3-1	Três-Irmãs	21,26	18,10	85,11
Nova Santa Rosa	BP3-1	Alto Santa Fé	29,52	0,00	0,00
Nova Santa Rosa	BP3-1	Nova Santa Rosa	302,26	0,00	0,00
Nova Santa Rosa	BP3-1	Vila Cristal	21,47	0,00	0,00
Pato Bragado	BP3-1	Pato Bragado	160,63	20,69	12,88
Quatro Pontes	BP3-1	Quatro Pontes	131,05	33,39	25,48
Santa Helena	BP3-1	São Clemente	57,99	54,41	93,84
Terra Roxa	BP3-1	Vila Guarani	27,83	0,00	0,00
Terra Roxa	BP3-1 e Outra	Santa Rita do Oeste	119,58	0,00	0,00
Terra Roxa	BP3-1 e Outra	Terra Roxa	308,07	21,31	6,92
Toledo	BP3-1	Boa Vista	19,22	0,00	0,00
Toledo	BP3-1	Dez de Maio	39,52	0,00	0,00
Toledo	BP3-1	Dois Irmãos	20,20	9,12	45,13
Toledo	BP3-1	General Osório	7,59	0,00	0,00
Toledo	BP3-1	Novo Sarandi	103,42	0,00	0,00
Toledo	BP3-1	Novo Sobradinho	28,19	0,00	0,00
Toledo	BP3-1	São Miguel	11,30	0,00	0,00
Toledo	BP3-1	Vila Ipiranga	16,08	0,00	0,00
Toledo	BP3-1	Vila Nova	87,09	9,40	10,80
Toledo	BP3-1 e BP3-2	Toledo	3.422,52	526,31	15,38
Toledo	BP3-1-e-2 e Outra	São Luiz do Oeste	45,13	0,00	0,00
TOTAL			8.465,62	1.470,75	17,37

Fonte: Áreas a partir das bases cartográficas da SUDERHSA (2009) e PARANÁCIDADE (2006).

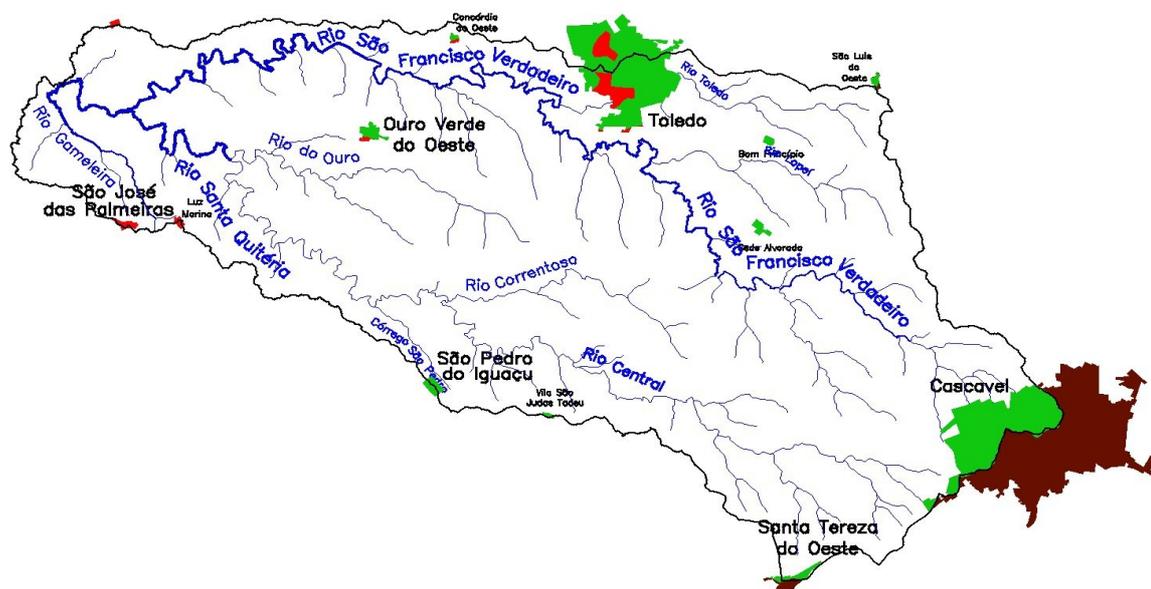
A tabela 5 apresenta as áreas com risco de erosão urbana da área estratégica de gestão BP3-2. Nela, são encontradas 12 cidades, das quais sete apresentam áreas com risco de erosão urbana. E em três delas, este risco de erosão urbana é em 100% da área, mas em todas as demais o risco é menor que 50%.

Tabela 05: Estimativa das áreas com risco de erosão urbana na BP3-2.

Município	AEG	Cidade	Área Urbana Total (ha)	Área com Risco de Erosão	% de Área com Risco de Erosão
Cascavel	BP3-2	Sede Alvorada	58,85	0,00	0,00
Cascavel	BP3-2 e Outra	Cascavel	8.269,47	0,00	0,00
Mal. C. Rondon	BP3-1 e BP32	São Roque	23,96	23,96	100,00
Ouro Verde do Oeste	BP3-2	Ouro Verde do Oeste	123,36	20,17	16,35
São José das Palmeiras	BP3-2 e BP3-3	São José das Palmeiras	65,03	65,03	100,00
São Pedro do Iguaçu	BP3-2 e BP3-3	Luz Marina	30,03	30,03	100,00
São Pedro do Iguaçu	BP3-2 e BP3-3	São Pedro do Iguaçu	96,59	1,11	1,15
São Pedro do Iguaçu	BP3-2 e BP3-3	Vila São Judas Tadeu	17,07	0,00	0,00
Toledo	BP3-1 e BP32	Toledo	3.422,52	526,31	15,38
Toledo	BP3-1-e-2 e Outra	São Luiz do Oeste	45,13	0,00	0,00
Toledo	BP3-2	Bom Princípio	31,36	0,00	0,00
Toledo	BP3-2	Concórdia do Oeste	26,93	11,65	43,26
TOTAL			12.210,29	678,26	5,55

Fonte: Áreas a partir das bases cartográficas da SUDERHSA (2009) e PARANÁCIDADE (2006).

Figura 09: Estimativa da área com risco de erosão urbana na bacia do Paraná 3, Área Estratégica de Gestão BP3-2.



Obs.: As áreas com cor verde representam áreas da BP3-2 sem risco de erosão urbana, as áreas com cor vermelha representam as áreas com risco de erosão urbana e as áreas com a cor marrom representam as áreas urbanas fora da BP3-2.

Fonte: Áreas a partir das bases cartográficas da SUDERHSA (2009) e PARANÁCIDADE (2006).

No total, as cidades da área estratégica de gestão BP3-2 apresentam uma área urbana total de 12.210 ha, dos quais 678 ha apresentam risco de erosão, o que representa apenas 5,55% da área urbana. A figura 9 mostra as áreas urbanas e as áreas com risco de erosão urbana.

A tabela 6 apresenta as áreas com risco de erosão urbana da área estratégica de gestão BP3-3.

Tabela 06: Estimativa das áreas com risco de erosão urbana na BP3-3.

Município	AEG	Cidade	Área Urbana Total (ha)	Área com Risco de Erosão	% de Área com Risco de Erosão
Céu Azul	BP3-3 e Outra	Céu Azul	326,64	97,38	29,81
Céu Azul	BP3-3 e Outra	Vila Industrial	22,19	0,00	0,00
Diamante do Oeste	BP3-3	Diamante do Oeste	81,10	81,10	100,00
Diamante do Oeste	BP3-3	Vila Bonita	4,83	4,83	100,00
Foz do Iguaçu	BP3-3 e Outra	Foz do Iguaçu	6.484,21	2.018,47	31,13
Itaipulândia	BP3-3	Caramuru	42,78	19,89	46,50
Itaipulândia	BP3-3	Itaipulândia	164,43	20,94	12,74
Itaipulândia	BP3-3	São José do Itavó	40,53	2,29	5,64
Matelândia	BP3-3	Vila Esmeralda	41,34	16,66	40,30
Matelândia	BP3-3	Vila Rural	10,28	6,78	65,91
Matelândia	BP3-3 e Outra	Agro Cafeeira	56,33	56,33	100,00
Matelândia	BP3-3 e Outra	Matelândia	290,47	58,39	20,10
Medianeira	BP3-3	Mara Lúcia	8,62	8,62	100,00
Medianeira	BP3-3	Vila Industrial	48,05	0,00	0,00
Medianeira	BP3-3 e Outra	Medianeira	1.073,75	51,65	4,81
Missal	BP3-3	Dom Armando	28,71	0,00	0,00
Missal	BP3-3	Portão do Ocoí	23,73	23,73	100,00
Missal	BP3-3	Santa Cecília	8,38	0,00	0,00
Ramilândia	BP3-3	Ramilândia	57,62	9,02	15,65
Santa Helena	BP3-3	Esquina Céu Azul	9,60	0,00	0,00
Santa Helena	BP3-3	Santa Helena	489,78	12,35	2,52
Santa Helena	BP3-3	São Roque	49,38	49,38	100,00
Santa Helena	BP3-3	Sub Sede	104,69	59,05	56,40
Santa Helena	BP3-3	Vila Celeste	58,90	58,90	100,00
Santa Helena	BP3-3	Vila Moreninha	44,25	25,67	58,01
Santa Helena	BP3-3	Vila Rural	6,83	2,50	36,57
Santa Teresa do Oeste	BP3-3 e Outra	Santa Teresa do Oeste	215,40	0,00	0,00
Santa Teresinha de Itaipu	BP3-3	Santa Teresinha de Itaipu	609,27	40,34	6,62
Santa Teresinha de Itaipu	BP3-3	Vila Vitorasi	8,82	0,00	0,00
São José das Palmeiras	BP3-2 e BP3-3	São José das Palmeiras	65,03	65,03	100,00
São Miguel do Iguaçu	BP3-3	Santa Cruz do Ocoí	8,57	8,57	100,00
São Miguel do Iguaçu	BP3-3	Santa Rosa do Ocoí	35,34	0,00	0,00
São Miguel do Iguaçu	BP3-3	São Miguel do Iguaçu	468,14	417,06	89,09
São Miguel do Iguaçu	BP3-3	Vila Ipiranga	19,21	19,21	100,00
São Pedro do Iguaçu	BP3-2 e BP3-3	Luz Marina	30,03	30,03	100,00
São Pedro do Iguaçu	BP3-2 e BP3-3	São Pedro do Iguaçu	96,59	1,11	1,15
São Pedro do Iguaçu	BP3-2 e BP3-3	Vila São Judas Tadeu	17,07	0,00	0,00
São Pedro do Iguaçu	BP3-3	Vila São Francisco	21,28	0,00	0,00
Vera Cruz do Oeste	BP3-3	São Sebastião	10,81	0,00	0,00
Vera Cruz do Oeste	BP3-3	Vera Cruz do Oeste	222,75	152,89	68,64
TOTAL			11.405,72	3.418,14	29,97

Fonte: Áreas a partir das bases cartográficas da SUDERHSA (2009) e PARANÁCIDADE (2006).

1.4.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IPARDES (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL). Leituras Regionais - Meso Região Oeste Paranaense. Curitiba: IPARDES, 2003. 145p. Il. Col.
2. IPARDES (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL). O Oeste Paranaense: o 3º Espaço Relevante especificidades e diversidades. Curitiba: IPARDES, 2005. 88p. Il. Col.
3. TELLES, TIAGO SANTOS; GUIMARÃES, MARIA DE FÁTIMA. CUSTOS DA EROSÃO DO SOLO. 470 SOBER-Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre, 26 a 30 de julho de 2009.
4. PERH-SUDERHSA. Plano Estadual dos Recursos Hídricos – Produto 1.2 - Parte D - Avaliação das Disponibilidades Hídricas, Eventos Críticos e Monitoramento do Uso de Recursos Hídricos - Revisão Final. Curitiba: SUDERHSA, 2010. 91p.

1.5 ACIDENTES AMBIENTAIS

Equipe:

Professores:

Wilson João Zonin (coord.)
Adriana Maria de Grandi
Armin Feiden
Edleusa Pereira Seidel
Nardel Luiz Soares da Silva
Pedro Celso Soares da Silva

Bolsistas:

Alexandre Rodrigo Cerny
Anderson Maikon Zimmermann
Jheison Thiago Reis
Nairo Eduardo Hepp
Jucinei Fernando Frandaloso

1.5.1 ACIDENTES AMBIENTAIS

Conceitua-se acidente ambiental como evento não previsível, capaz de, direta ou indiretamente, causar danos ao meio ambiente ou a saúde humana, como vazamento ou lançamento inadequado de substâncias (gases, líquidos ou sólidos) para a atmosfera, solo ou corpos d'água, incêndios florestais ou em instalações industriais (IAP, 2012).

1.5.1.1 Histórico Recente de Acidentes Ocorridos no Paraná

O Instituto Ambiental do Paraná (IAP) registrou a ocorrência de acidentes ambientais no Estado em um banco de dados de sua Coordenadoria Estadual de Acidentes Ambientais. Dessa forma, foram levantados os acidentes ocorridos no período de janeiro de 2003 a agosto de 2006, em todas as bacias hidrográficas no âmbito do território paranaense.

Foi elaborada, assim, a Classificação das Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos quanto aos Riscos Ambientais.

Para a estruturação desta classificação, foi realizado um estudo em duas etapas, a saber: a primeira, com base em um detalhado estudo do IAP, foram determinados os índices de risco ambiental das bacias de mananciais de abastecimento público; já na segunda, os resultados gerados foram ponderados e extrapolados para as unidades hidrográficas.

1.5.1.1.1 Análise das Bacias Hidrográficas de Abastecimento Público

Foram utilizados os resultados gerados pelo estudo ‘Mapeamento do Potencial de Riscos Ambientais em Mananciais Superficiais de Abastecimento Público’. Esses dados foram sistematizados de forma a permitir a avaliação das bacias hidrográficas e, por extensão, das unidades hidrográficas.

Denominam-se fatores de risco ambiental os elementos de infraestrutura que são geradores de impactos nas bacias. São destacados seis fatores principais, com base no estudo em tela:

- i. estradas principais;
- ii. estradas secundárias;
- iii. ferrovias;
- iv. oleodutos e polidutos;
- v. locais de disposição de resíduos sólidos; e,
- vi. sedes municipais.

Cada um destes fatores de risco possui um índice de risco próprio, representado por um número que varia de 1 (risco baixo) a 3 (risco alto). Na sequência, são sintetizados os procedimentos metodológicos adotados pelo estudo para a determinação do grau de risco das bacias hidrográficas.

1.5.1.1.2 Critérios de Atribuição dos Índices de Risco Ambiental aos Diferentes Fatores de Risco Ambiental

1.5.1.1.2.1 Estradas Principais

Para a adoção do índice de risco ambiental das estradas principais, foram considerados os seguintes critérios:

Critério 1: Existência de trechos de estradas principais sobre as bacias hidrográficas, independentemente do sentido e do número de trechos de cada rodovia interceptora, porém considerando a situação crítica do conjunto. O valor do índice de risco ambiental para este critério varia de 1 a 3, da seguinte forma:

- Adjacência: as estradas adjacentes aos mananciais geram índice 1: baixo;

- Sobreposição Parcial: as estradas com sobreposição parcial geram índice 2: médio;
- Sobreposição Total ou Longitudinal: as estradas com sobreposição total ou longitudinal geram índice 3: alto.

Critério 2: Importância dos principais fluxos de transporte rodoviário das estradas para a questão dos acidentes. Foi avaliado o levantamento sistemático executado pelo antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), hoje, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), que determina a frequência de acidentes com produtos perigosos em diversos trechos rodoviários paranaenses. O levantamento identificou os trechos rodoviários mais críticos para estes acidentes, destacando as BR-376, BR-116, BR-277, BR-369, BR-476, BR-153, PR-323, PR-151 e PR-423, responsáveis por 88% das ocorrências. Com base neste levantamento e no atual sistema viário paranaense, notadamente o Anel de Integração, o valor do índice de risco ambiental para este critério varia de 1 a 3, da seguinte forma:

- Todas as estradas principais que não pertencem ao Anel de Integração e que também não fazem parte desses 10 trechos geram índices 1 ou 2 de risco ambiental; e,
- Todas as estradas principais pertencentes ao Anel de Integração, além daquelas constantes dos 10 trechos críticos, e que não pertencem ao Anel, geram índice 3 de risco ambiental.

1.5.1.1.2.2 Estradas Secundárias

Independentemente da quantidade e da distribuição das estradas sobre as bacias hidrográficas, considerou-se que todas as estradas secundárias geram índice 1 (baixo) de risco ambiental.

1.5.1.1.2.3 Ferrovias

Para a determinação do índice de risco ambiental das ferrovias foi adotado critério idêntico ao primeiro critério das estradas principais. Assim, o valor do índice de risco ambiental varia de 1 a 3, da seguinte forma:

- Adjacência: as ferrovias adjacentes aos mananciais geram índice 1: baixo;
- Sobreposição Parcial: as ferrovias com sobreposição parcial geram índice 2:médio;
- Sobreposição Total ou Longitudinal: as ferrovias com sobreposição total ou longitudinal geram índice 3: alto.

1.5.1.1.2.4 Oleodutos e Polidutos

Para a determinação do índice de risco ambiental dos oleodutos e polidutos foram considerados o mesmo critério das ferrovias, a saber:

- Adjacência: os oleodutos adjacentes aos mananciais geram índice 1: baixo;
- Sobreposição Parcial: os oleodutos com sobreposição parcial geram índice 2:médio; e,
- Sobreposição Total ou Longitudinal: os oleodutos com sobreposição total ou longitudinal geram índice 3: alto.

1.5.1.1.2.5 Disposição de Resíduos Sólidos

Para a determinação do índice de risco ambiental dos resíduos sólidos, foi adotado um critério baseado nos processos de disposição no solo, a saber:

- Aterros Sanitários:

Processo que utiliza normas de engenharia específicas, permitindo um confinamento seguro, no que diz respeito ao controle da poluição ambiental e de proteção ao meio ambiente. Considera-se para esta classificação, que os aterros sanitários também podem receber aterros industriais, com depósitos de resíduos oriundos de processos industriais, dispostos no ambiente natural sem qualquer critério de segurança ou contenção. Por infiltração no solo, por percolação ou escoamento superficial podem vir a contaminar as águas superficiais, subsuperficiais e profundas. O risco ambiental dos aterros sanitários sobre os mananciais superficiais foi considerado de índice 2 (médio), independentemente da quantidade e da distribuição sobre os mananciais.

- Lixões:

Processo onde os resíduos são dispostos de forma inadequada, ou seja, jogados sobre o solo sem nenhum tipo de tratamento. O risco ambiental dos lixões sobre os mananciais superficiais foi considerado de índice 3 (alto), independentemente da quantidade e da distribuição sobre os mananciais.

1.5.1.1.2.6 Sedes Municipais

Sabe-se que não é a existência de sedes municipais que influem nos mananciais de água. Mas a ocupação irregular de áreas de risco ambiental, tais como, margens de cursos d'água, fontes de água, áreas sujeitas a desmoronamentos, esgotos sanitários lançados diretamente nos corpos hídricos e outras deficiências de saneamento básico.

Para avaliar os riscos ambientais das Sedes Municipais, considerando esta metodologia, seria necessário um cadastro atualizado dos 399 municípios, com todas as informações supracitadas.

Entende-se que uma análise mais aprofundada é de extrema importância para a determinação dos riscos e deverá ser desenvolvida futuramente nos Planos de Bacias, que possuem uma abrangência diferenciada do Plano Estadual. Enquanto este avalia todas as bacias do Estado de uma forma geral, o Plano de Bacia pode se concentrar especificamente nos detalhes da bacia em estudo. Portanto, para a determinação do índice de risco ambiental das sedes municipais, foram considerados critérios semelhantes aos já adotados para as estradas principais.

Critério 1: Adjacência ou sobreposição da malha urbana sobre o manancial, da seguinte forma:

Adjacência: as sedes municipais adjacentes aos mananciais geram risco 1 (baixo).

- Sobreposição Parcial – Situação A:

Sedes municipais com sobreposição parcial aos mananciais geram índice 2.

- Sobreposição Parcial – Situação B:

Grandes sedes municipais com sobreposição parcial aos mananciais de pequena área geram índice 3.

- Sobreposição Parcial – Situação C:

Mais de uma sede municipal com sobreposição parcial aos mananciais geram índice 3.

- Sobreposição Total:

Sedes municipais com sobreposição total aos mananciais geram índice 3.

Critério 2:

- Frequência de Acidentes:

Este critério refere-se aos municípios que concentram os maiores números de ocorrência de acidentes rodoviários com cargas perigosas. No Estado do Paraná, ocorreram no período de 1995 a 2002, 445 acidentes com produtos perigosos, sendo que 62% destes acidentes ocorreram em apenas 9 municípios do Estado, a saber: Campina Grande do Sul, Curitiba, Ponta Grossa, Guaratuba, Tibagi, São José dos Pinhais, Guarapuava, Ortigueira e Morretes. Essa informação não foi aproveitada isoladamente como índice na classificação final dos mananciais, mas como qualificador do Critério 2 das estradas principais. Dessa

forma, quando um determinado manancial não é cortado por uma daquelas rodovias, mas é afetado por um destes municípios, é atribuído o índice de risco 3 (alto).

1.5.1.1.3 Determinação das Classes de Riscos Ambientais

As classes de riscos ambientais sobre os mananciais superficiais de abastecimento público foram definidas pelo seguinte critério:

- Classe Baixa:

Bacias com ocorrências de índice de risco 1 (baixo) e/ou até três ocorrências de índice 2 (médio).

- Classe Média:

Bacias com mais de três ocorrências de índice 1 (baixo), mais de três ocorrências de índice 2 (médio) e/ou até uma ocorrência de índice 3 (alto).

- Classe Alta:

Bacias com duas ou mais ocorrências de índice 3 (alto).

1.5.1.2 Resultados - Bacias Hidrográficas e suas Classes de Risco Ambiental

Segundo a Diretoria do IAP, esse estudo considerou a existência/ocorrência de fatores de risco ambiental que viriam a comprometer os mananciais superficiais de abastecimento público, considerando, entre eles, as ocorrências de acidentes com produtos perigosos. O estudo da IGPLAN compilou informações dispersas nos mais diversos órgãos governamentais.

Na avaliação dos riscos ambientais, foram considerados também os riscos que podem ser causados pelos oleodutos, sob responsabilidade da TRANSPETRO, empresa vinculada a PETROBRÁS. São três oleodutos provenientes de Araucária, o primeiro liga Araucária até o Porto de Paranaguá, chamado de OLAPA, passando por Curitiba, São José dos Pinhais e Morretes, onde transporta diariamente nafta, GLP, claros e MTBE, que significa éter metil-terciário butílico, uma molécula razoavelmente simples criada a partir do metanol.

Os outros dois oleodutos são a ligação de Araucária com o Estado de Santa Catarina. Conhecidos como: OSPAR, localizado a partir de São Francisco do Sul/SC, que transporta petróleo bruto até a refinaria em Araucária; e, OPASC, que transporta diariamente derivados de petróleo até os terminais de Itajaí/SC, Guaramirim/SC e Biguaçu/SC. Os trajetos dos dois dutos, no Estado do Paraná, passam pelos municípios de Guaratuba, Tijucas do Sul, São José dos Pinhais, Fazenda Rio Grande e Curitiba.

No Estado do Paraná, observa-se ainda, a passagem do gasoduto que transporta o gás natural proveniente da Bolívia, sob responsabilidade da empresa TBG – Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A. no território nacional brasileiro.

Sua trajetória, no território paranaense, passa pelos municípios: Dr. Ulysses, Cerro Azul, Rio Branco do Sul, Itaperuçu, Campo Magro, Almirante Tamandaré, Campo Largo, Araucária, Curitiba, Fazenda Rio Grande, São José dos Pinhais, Tijucas do Sul e Guaratuba.

1.5.1.2.1 Hierarquização das Unidades Hidrográficas Quanto ao Risco Ambiental

As tabelas 7 e 8 apresentam, respectivamente, o resumo dos acidentes em mananciais ocorridos nas bacias e unidades hidrográficas, por classe de risco, com base nos critérios supracitados (Itens 4.3.1.1 e 4.3.1.2).

Tabela 07: Resumo dos Acidentes em Mananciais por Bacia Hidrográfica.

BACIA HIDROGRÁFICA	CLASSES DE RISCO			
	Alto	Médio	Baixo	Soma
Iguaçu	39	37	31	107
Litorânea	27	6	16	49
Tibagi	14	9	6	29
Ivaí	1	15	10	26
Cinzas	8	5	6	19
Piquiri	0	3	9	12
Pirapó	2	2	5	9
Ribeira	5	0	1	6
Paraná 3	1	2	3	6
Itararé	2	2	1	5
Paranapanema 1	0	3	1	4

Obs.: Foram levantados os acidentes ocorridos no período de janeiro de 2003 a agosto de 2006.

FONTE: Elaboração própria com dados da IGPLAN (2003).

Tabela 08: Resumo dos Acidentes em Mananciais por Bacia Hidrográfica.

UNIDADE HIDROGRÁFICA	CLASSES DE RISCO			
	Alto	Médio	Baixo	Soma
Alto Iguaçu / Ribeira	35	9	7	51
Litorânea	27	6	16	49
Baixo Iguaçu	2	21	16	39
Cinzas / Itararé / Paranapanema 1 e 2	10	10	8	28
Médio Iguaçu	7	7	9	23
Alto Ivaí	1	13	8	22
Alto Tibagi	8	5	2	15
Baixo Tibagi	6	4	4	14
Piquiri / Paraná 2	0	3	9	12
Pirapó / Paranapanema 3 e 4	2	2	5	9
Paraná 3	1	2	3	6
Baixo Ivaí	0	2	2	4

Obs.: Foram levantados os acidentes ocorridos no período de janeiro de 2003 a agosto de 2006.
FONTE: Elaboração própria com dados da IGPLAN (2003).

Com efeito, não basta apenas somar as ocorrências, nem mesmo separá-las nos índices de risco 1, 2 e 3, na medida em que essa visão não permite considerar o efeito do risco sobre a totalidade da bacia.

Neste contexto, adotou-se um coeficiente de ponderação para as bacias hidrográficas. Para cada unidade hidrográfica, o número de bacias hidrográficas de risco ALTO foi multiplicado por 3; o de bacias de risco MÉDIO foi multiplicado por 2; e, o de bacias de risco BAIXO foi multiplicado por 1.

Dessa forma, procurou-se evitar uma distorção nos resultados, quando unidades com muitos acidentes de risco baixo acabavam parecendo mais críticas do que aquelas com poucos acidentes de risco alto. Efetuando-se os cálculos, agora ponderados, as tabelas 9 e 10 apresentam os resultados obtidos, por bacia e unidade hidrográfica.

1.5.1.2.2 Resumo dos Acidentes em Mananciais por Unidade Hidrográfica.

Tabela 09: Classificação do Grau de Risco Ambiental das Bacias Hidrográficas.

BACIA HIDROGRÁFICA	CLASSES DE RISCO			
	Alto	Médio	Baixo	Soma
Iguaçu	117	74	31	222
Litorânea	81	12	16	109
Tibagi	42	18	6	66
Ivaí	3	30	10	43
Cinzas	24	10	6	40
Ribeira	15	0	1	16
Piquiri	0	6	9	15
Pirapó	6	4	5	15
Itararé	6	4	1	11
Paraná 3	3	4	3	10
Paranapanema 1	0	6	1	7

Tabela 10: Classificação do Grau de Risco Ambiental das Unidades Hidrográficas.

UNIDADE HIDROGRÁFICA	CLASSES DE RISCO			
	Alto	Médio	Baixo	Soma
Alto Iguaçu / Ribeira	105	18	7	130
Litorânea	81	12	16	109
Baixo Iguaçu	6	42	16	64
Cinzas / Itararé / Paranapanema	30	20	8	58
Médio Iguaçu	21	14	9	44
Alto Ivaí	3	26	8	37
Alto Tibagi	24	10	2	36
Baixo Tibagi	18	8	4	30
Piquiri / Paraná 2	0	6	9	15
Pirapó / Paranapanema 3 e 4	6	4	5	15
Paraná 3	3	4	3	10
Baixo Ivaí/ Paraná 1	0	4	2	6

Com base nos resultados finais do grau de risco ambiental, observa-se que os riscos altos concentram-se nas unidades hidrográficas do Alto Iguaçu/Ribeira e Litorânea, uma vez que a bacia do Iguaçu, classificada como risco alto na análise por bacias, tem as unidades hidrográficas do Médio e Baixo Iguaçu classificadas apenas como risco médio.

A Bacia do rio Tibagi, classificada como risco médio, mantém a classificação quando analisada por unidade hidrográfica, na medida em que as unidades hidrográficas do Alto e Baixo Tibagi também são classificadas como risco médio.

No caso da bacia do rio Ivaí, as ocorrências de risco ambientais concentram-se na unidade hidrográfica do Alto Ivaí, classificada como risco médio, uma vez que a unidade do Baixo Ivaí/ Paraná 1 aparece como risco baixo.

Pelas estatísticas de ocorrência de acidentes, principalmente rodoviários, a região do Alto Tibagi tem consideração relevante na classificação do risco ambiental, em detrimento da Bacia do Rio das Cinzas. Soma-se ainda, na Bacia do Tibagi – Alto e Baixo, o segundo maior parque industrial do Estado.

Segundo o IAP, em que pese o resultado da Bacia do Cinzas e unidade hidrográfica do Cinzas/ Itararé/ Paranapanema 1 e 2, houve poucas ocorrências de acidentes ambientais detectados pelo IAP / CEEA, nestas regiões. As ocorrências mais significativas envolveram tombamento de veículos e vagões ferroviários carregados com álcool, com pouca repercussão e impacto ambiental.

Na bacia litorânea, embora em menor número, os acidentes ambientais ocorridos foram de maior gravidade e repercussão na mídia estadual e nacional. Cite-se, por exemplo, o vazamento do Poliduto OLAPA, da PETROBRAS, ocorrido em fevereiro de 2002, no município de Morretes, que comprometeu não só a qualidade da água naquele município e em Antonina, como a Baía de Paranaguá e Antonina. Em 2005, a explosão do navio Vicuña, no Porto de Paranaguá, também provocou impactos ambientais, até hoje detectados, como a ocorrência de manchas de óleo em ilhas e mangues.

A existência do poliduto da PETROBRAS, ligando Araucária à Paranaguá, cortando a Serra do Mar, sítio de extrema sensibilidade ambiental, bem como a ferrovia Curitiba – Paranaguá, que também corta a mesma região e rodovia BR-277, devem ser consideradas como fatores de alto risco ambiental e elevado potencial de abrigar acidentes com produtos perigosos na região Litorânea.

1.5.1.3 Riscos Ambientais na Bacia do Paraná 3

Na bacia do Paraná 3, conforme os dados apresentados anteriormente, os riscos ambientais são baixos e restritos a apenas alguns fatores de risco.

1.5.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IAP (Instituto Ambiental do Paraná). Acidentes Ambientais. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=324>>. Acessado em 16 de out. de 2011.
2. IPARDES (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL). Leituras Regionais - Meso Região Oeste Paranaense. Curitiba: IPARDES, 2003. 145p. Il. Col.
3. IPARDES (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL). O Oeste Paranaense: o 3º Espaço Relevante especificidades e diversidades. Curitiba: IPARDES, 2005. 88p. Il. Col.
4. PERH- SUDERHSA. Plano Estadual dos Recursos Hídricos – Produto 1.2 - Parte D - Avaliação das Disponibilidades Hídricas, Eventos Críticos e Monitoramento do Uso de Recursos Hídricos - Revisão Final. Curitiba: SUDERHSA, 2010. 91p.