

国際協力事業団

ブラジル連邦共和国
サンパウロ州

ブラジル国

レシフェ都市圏雨水排水・下水処理計画調査

ファイナル・レポート
国・約



平成18年11月

JICA LIBRARY

J 1164049[7]

株式会社 パンフィックコンサルタンツインターナショナル

13
18
SS
RY

5冊
1冊
01-09

国際協力事業団

ブラジル連邦共和国
ペルナンブーコ州

ブラジル国

レシフェ都市圏雨水排水・下水処理計画調査

ファイナル レポート
要 約

平成13年1月

株式会社 パシフィックコンサルタンツインターナショナル

本レポートの積算には2000年7月の物価を使用し、以下の換算レートに従って米ドルで標記した。

US\$1.00 = R\$ 1.80 = Yen 110.00
(As of June 2000)



1164049[7]

序文

日本国政府は、ブラジル連邦共和国政府の要請に基づき、同国のレシフェ都市圏雨水排水・下水処理計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成 11 年 10 月から平成 13 年 1 月までの間、3 回にわたり株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルの田中元氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

また、平成 11 年 10 月から平成 13 年 1 月までの間、日本下水道事業団 参与 内田信一郎氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し、専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

調査団は、ブラジル連邦共和国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 13 年 1 月

国際協力事業団
総裁 斉藤邦彦

斉藤 邦彦

ブラジル国レシフェ都市圏雨水排水・下水処理計画調査

伝 達 状

平成 13 年 1 月

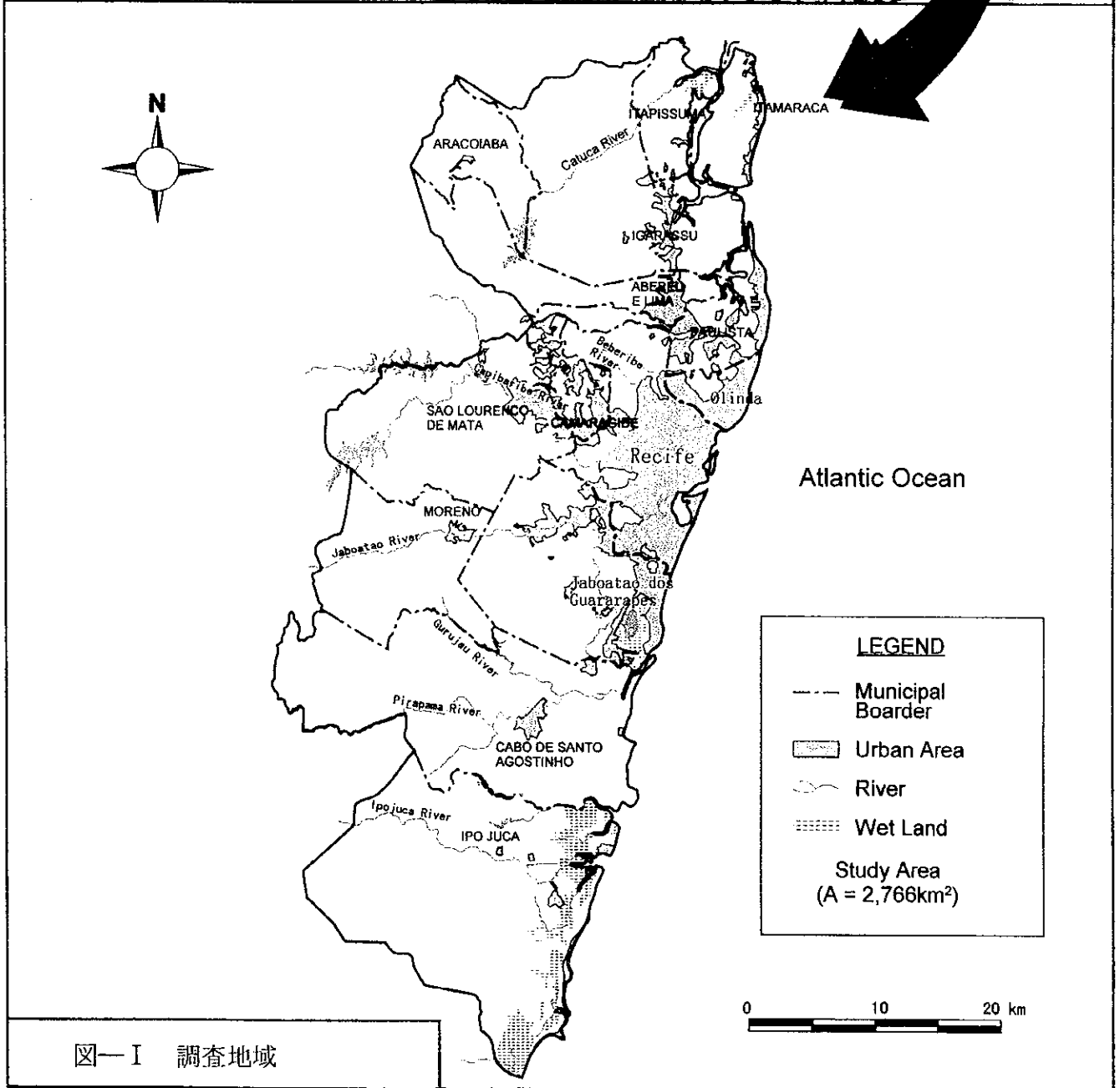
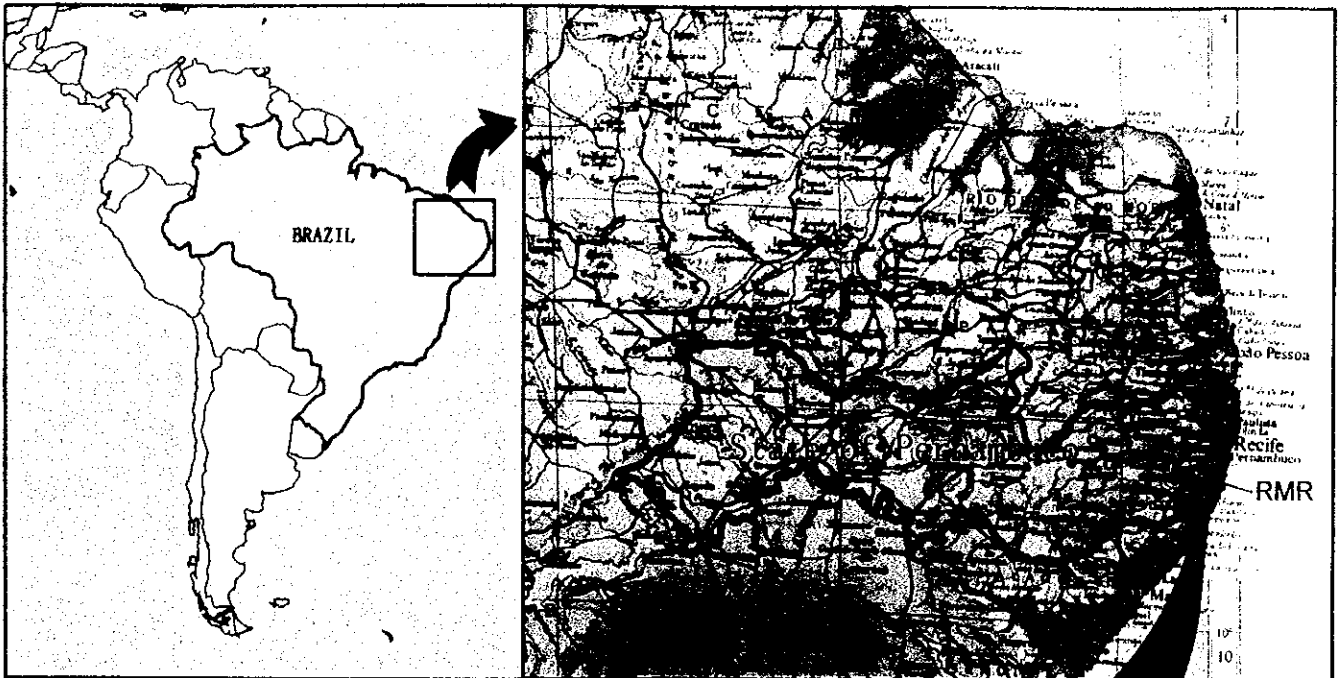
国際協力事業団
総裁 斎藤 邦彦 殿

ブラジル国レシフェ都市圏雨水排水・下水処理計画調査の最終報告書を提出します。本報告書は、平成 11 年 10 月 1 日、平成 12 年 5 月 10 日の 2 回にわたる国際協力事業団と株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルとの間で締結した契約に基づいて作成しました。

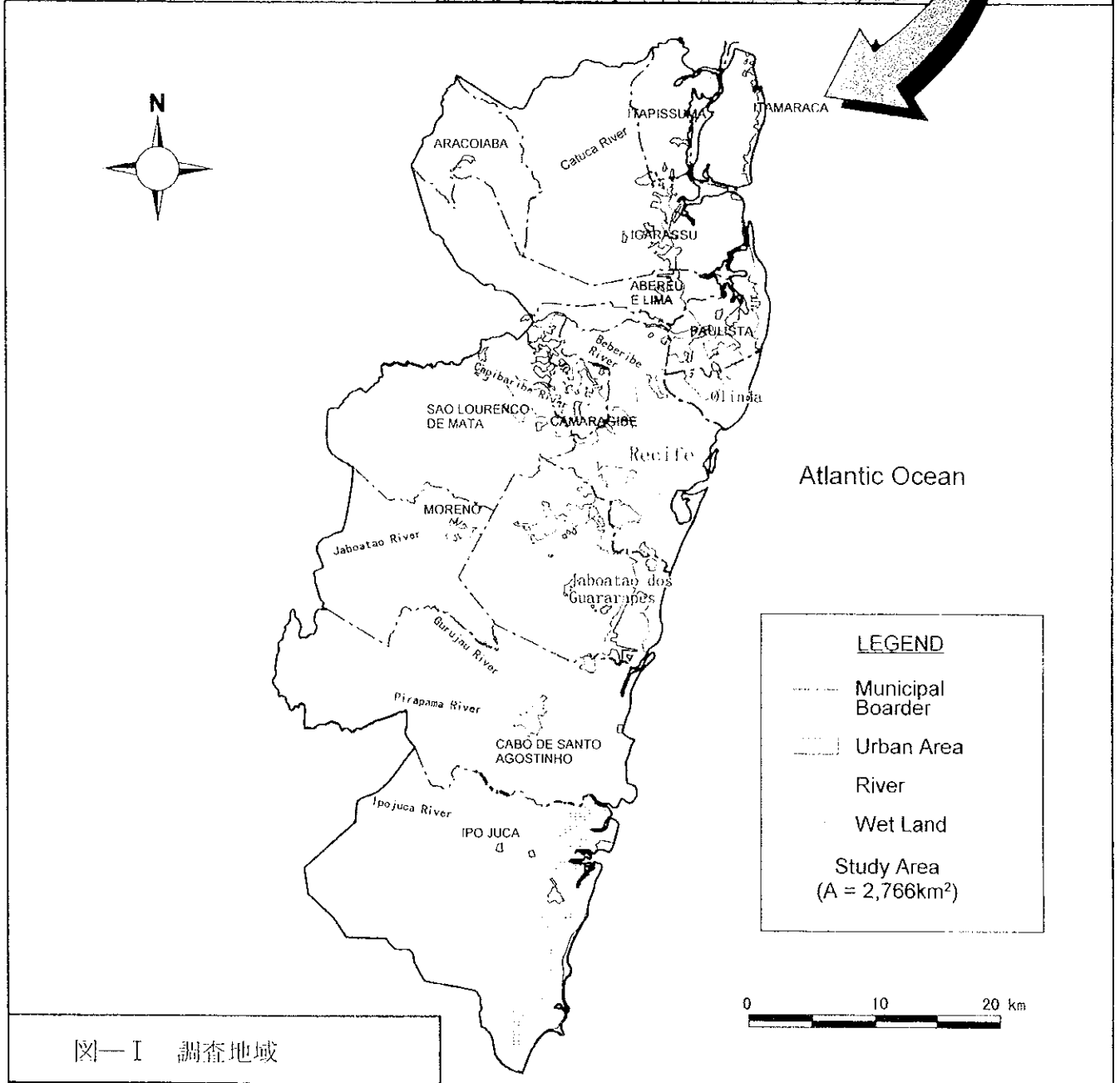
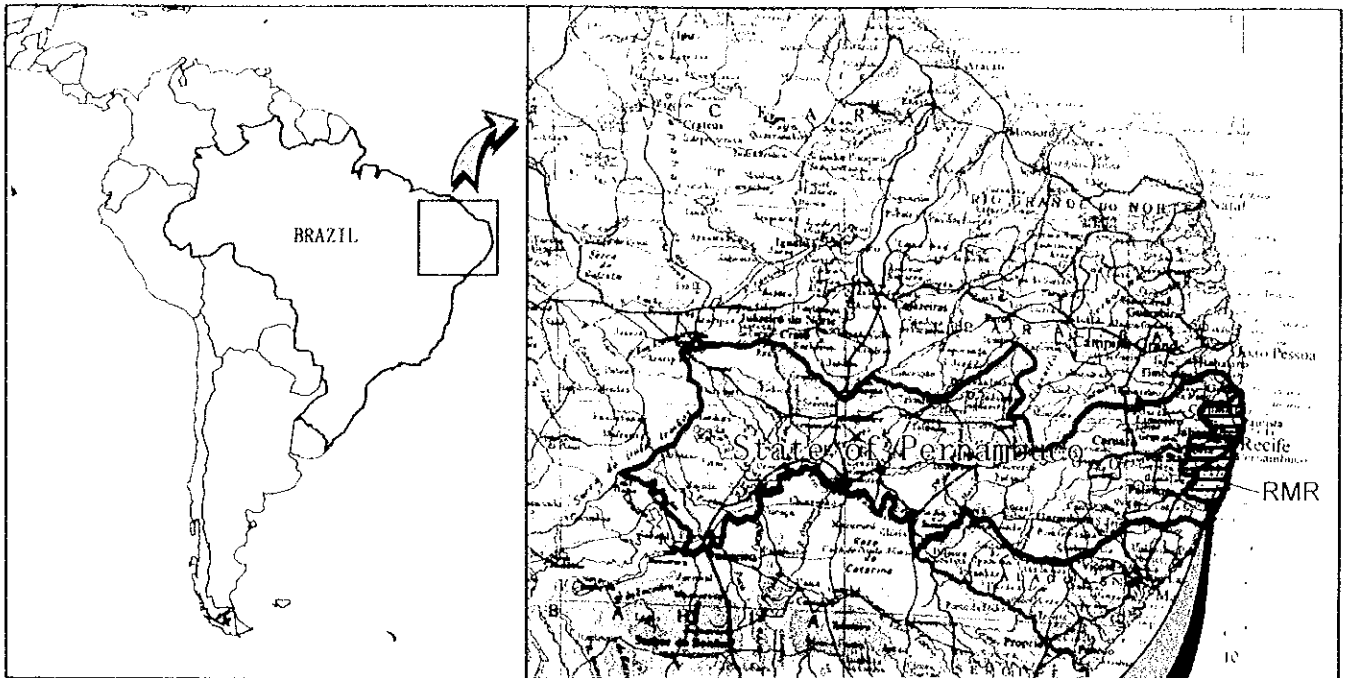
本報告書は、レシフェ都市圏の雨水排水・下水処理問題の分析に基づくマスタープラン調査および選定した優先プロジェクトに関するフィージビリティ調査の結果が述べられています。報告書は要約報告書、主報告書、付属報告書および資料集に取りまとめました。

本報告書を提出するにあたり、多大なご支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、在ブラジル日本国大使館および在レシフェ日本国総領事館の諸賢ならびにブラジル政府機関およびベルナンブーコ州政府機関の関係各位に対し、心から感謝の意を表すとともに、本調査の結果がレシフェ都市圏の雨水排水および下水処理改善ならびに社会経済開発推進の一助となることを希望する次第です。

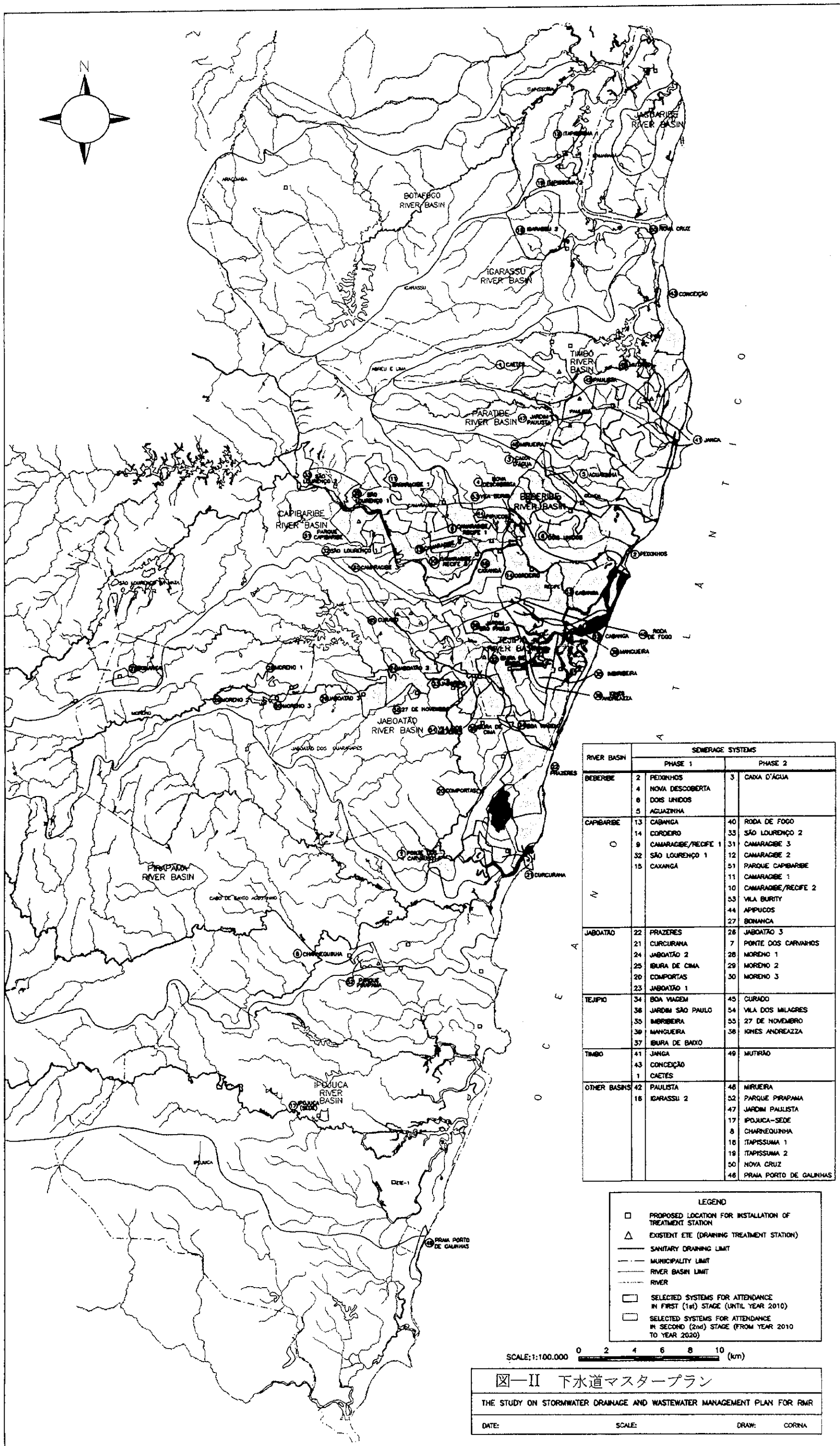
株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナル
ブラジル国レシフェ都市圏雨水排水・下水処理計画調査
調査団長 田 中 元



図一 I 調査地域



図一 I 調査地域

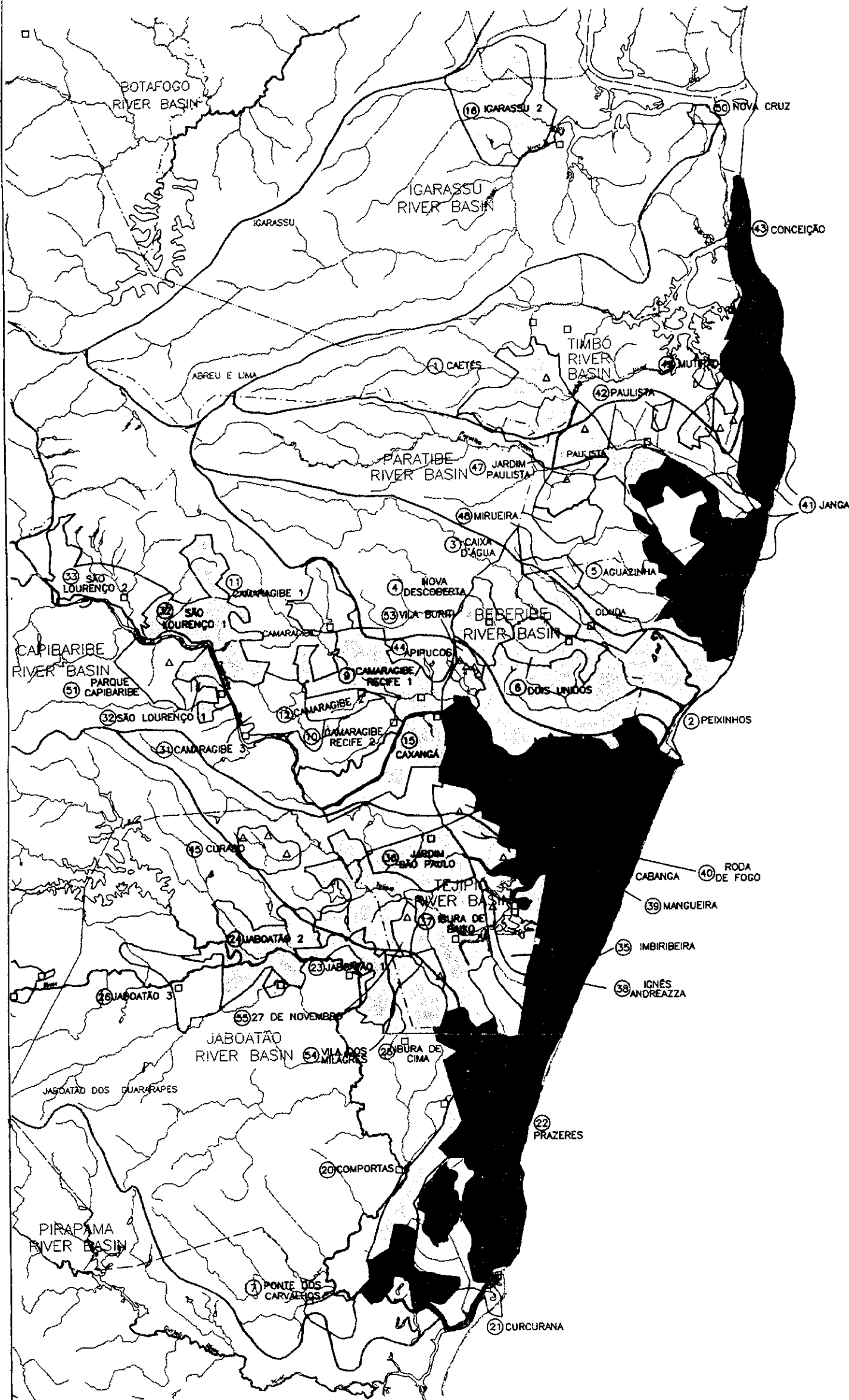
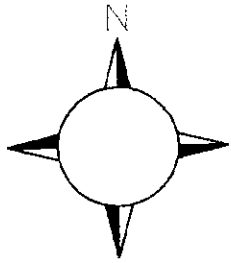


RIVER BASIN	SEWERAGE SYSTEMS	
	PHASE 1	PHASE 2
BEBERIBE	2 PEIXINHOS	3 CANA D'ÁGUA
	4 NOVA DESCOBERTA	
	6 DOS UNIDOS	
	5 ACUAZINHA	
CAPIBARIBE	13 CABANCA	40 RODA DE FOGO
	14 CORDEIRO	33 SÃO LOURENÇO 2
	9 CAMARAGIBE/RECIFE 1	31 CAMARAGIBE 3
	32 SÃO LOURENÇO 1	12 CAMARAGIBE 2
	15 CAXANGA	51 PARQUE CAPIBARIBE
		11 CAMARAGIBE 1
		10 CAMARAGIBE/RECIFE 2
		53 VILA BURITY
		44 APPUCOS
		27 BONANCA
JABOATÃO	22 PRAZERES	28 JABOATÃO 3
	21 CURCURIANA	7 PONTE DOS CARVAHOS
	24 JABOATÃO 2	26 MORENO 1
	25 BURA DE CIMA	29 MORENO 2
	20 COMPORTAS	30 MORENO 3
	23 JABOATÃO 1	
TEJUICO	34 BOA VIAGEM	45 CURAÇO
	36 JARDIM SÃO PAULO	54 VILA DOS MILAGRES
	35 IMBIBEIRA	55 27 DE NOVENBRO
	39 MANGUEIRA	36 IGNES ANDREAZZA
	37 BURA DE BAIXO	
TIMBO	41 JANGA	49 MUTIRÃO
	43 CONCEIÇÃO	
	1 CAETES	
OTHER BASINS	42 PAULISTA	48 MIRUEIRA
	16 IGARASSU 2	52 PARQUE PIRAPAMA
		47 JARDIM PAULISTA
		17 IPOJUCA-SEDE
		8 CHARNEQUINHA
		18 ITAPISSUMA 1
		19 ITAPISSUMA 2
		50 NOVA CRUZ
		46 PRIMA PORTO DE GALINHAS

LEGEND	
□	PROPOSED LOCATION FOR INSTALLATION OF TREATMENT STATION
△	EXISTENT ETE (DRAINING TREATMENT STATION)
—	SANITARY DRAINING LIMIT
---	MUNICIPALITY LIMIT
---	RIVER BASIN LIMIT
---	RIVER
□	SELECTED SYSTEMS FOR ATTENDANCE IN FIRST (1st) STAGE (UNTIL YEAR 2010)
□	SELECTED SYSTEMS FOR ATTENDANCE IN SECOND (2nd) STAGE (FROM YEAR 2010 TO YEAR 2020)

SCALE: 1:100,000 0 2 4 6 8 10 (km)

図一II 下水道マスタープラン
 THE STUDY ON STORMWATER DRAINAGE AND WASTEWATER MANAGEMENT PLAN FOR RMR
 DATE: SCALE: DRAW: CORINA

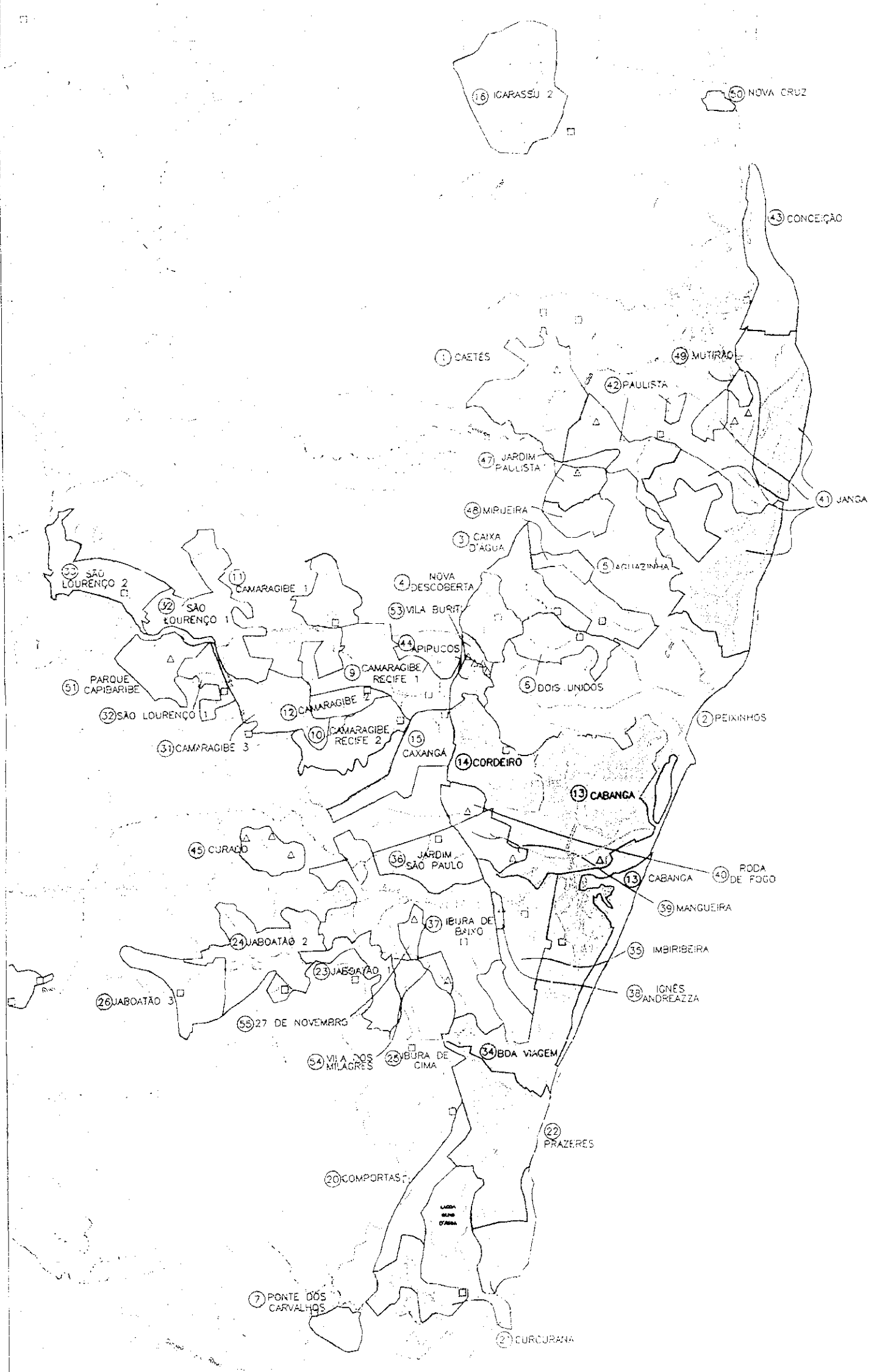
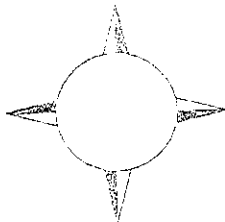


RIVER BASIN NO	PRIORITY PROJECTS		
	SYSTEM	SERVED AREA(HA)	POPULATION IN 2020
CAPIBARIBE	13	2,260	304,394
	14	675	100,048
	SUB-TOTAL	2,935	404,442
JABOATÃO	22	1,548	233,403
	21	910	123,636
	SUB-TOTAL	2,458	357,039
TEJIÚ	34	1,281	159,314
	SUB-TOTAL	1,281	159,314
TIMBO	41	2,879	316,075
	43	710	62,445
	SUB-TOTAL	3,589	378,520
OTHER BASINS			
	SUB-TOTAL	0	0
PRIORITY PROJECTS TOTAL		12,811	1,698,154

LEGEND	
□	PROPOSED LOCATION FOR INSTALLATION OF TREATMENT STATION
△	EXISTENT ETE (DRAINING TREATMENT STATION)
---	SANITARY DRAINING LIMIT
---	MUNICIPALITY LIMIT
---	RIVER BASIN LIMIT
---	RIVER
■	Priority Projects

SCALE: 1:100,000 0 2 4 6 8 10 (km)

図一III 下水道優先プロジェクト
 THE STUDY ON STORMWATER DRAINAGE AND WASTEWATER MANAGEMENT PLAN FOR RMR
 DATE: SCALE: DRAW: CORINA



RIVER BASIN NO	PRIORITY PROJECTS		
	SYSTEM	SERVED AREA (HA)	POPULATION IN 2020
CAPIBARIBE	13 CABANGA	2,260	304,394
	14 CORDEIRO	675	100,048
	SUB-TOTAL	2,935	404,442
JABOATÃO	22 PRAZERES	1,548	233,403
	21 CURCURANA	910	123,535
	SUB-TOTAL	2,458	357,039
TEJUPÓ	34 BOA VIAGEM	1,281	159,314
	SUB-TOTAL	1,281	159,314
TIMBO	41 JANCA	2,879	316,075
	43 CONCEIÇÃO	710	82,445
	SUB-TOTAL	3,589	378,520
OTHER BASINS	SUB-TOTAL	0	0
PRIORITY PROJECTS TOTAL		12,811	1,598,151

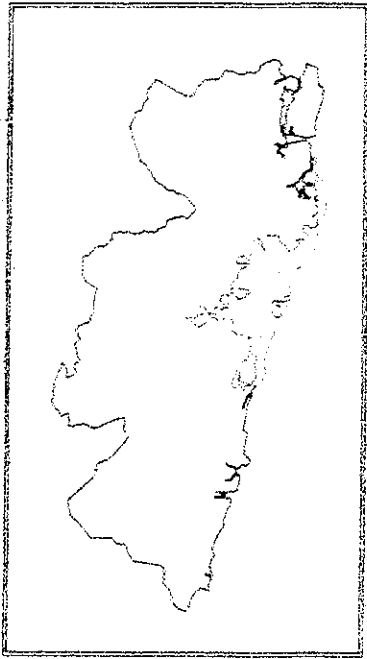
LEGEND	
□	PROPOSED LOCATION FOR INSTALLATION OF TREATMENT STATION
△	EXISTENT ETE (DRAINING TREATMENT STATION)
—	SANITARY DRAINING LIMIT
—	MUNICIPALITY LIMIT
—	RIVER BASIN LIMIT
—	RIVER
—	Priority Projects

SCALE 1:100,000

THE STUDY ON STORMWATER DRAINAGE AND WASTEWATER MANAGEMENT FOR THE CITY OF RECIFE

DATE: _____ SCALE: _____

9130000



9120000

Conceicao System

Janga System

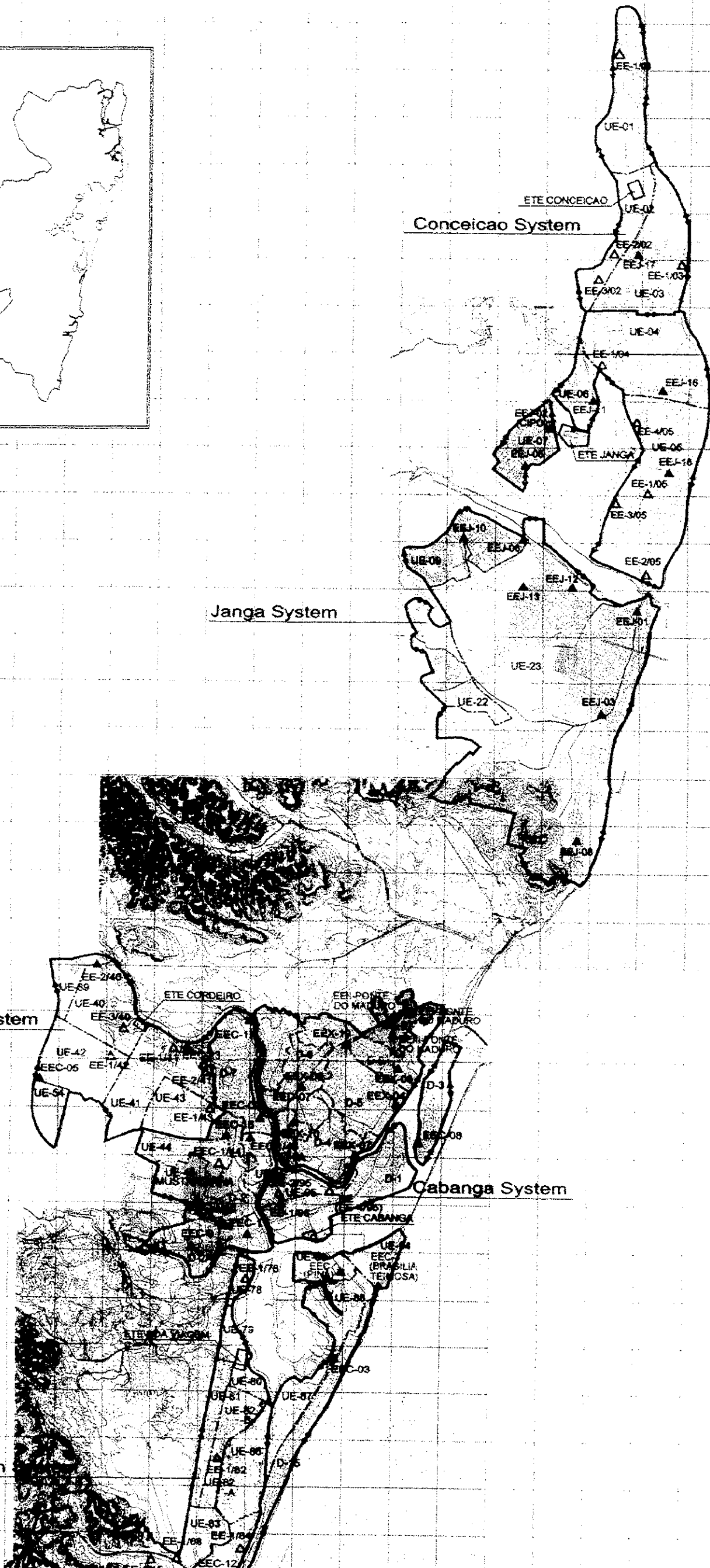
Cordeiro System

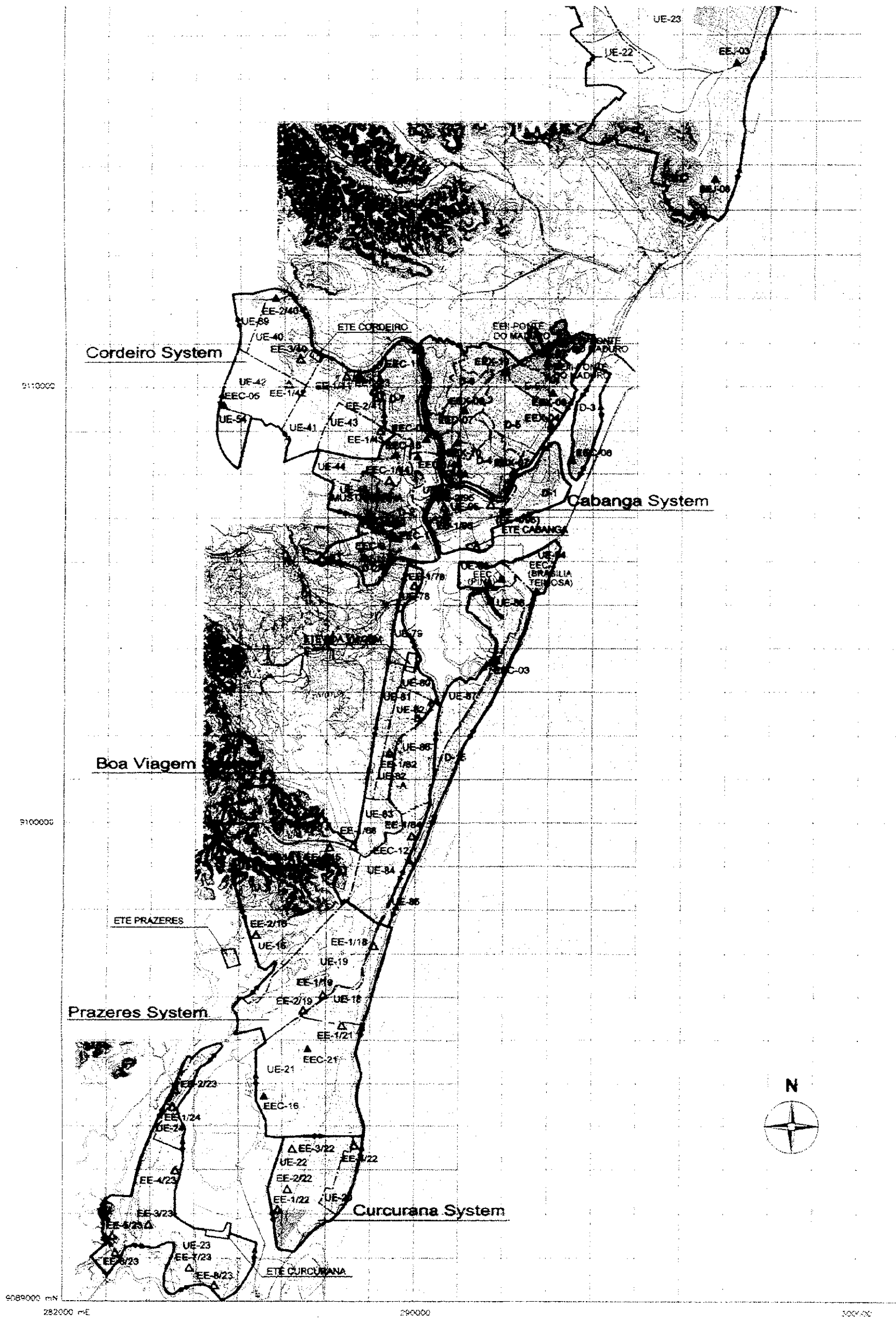
Cabanga System

9110000

Boa Viagem

9100000





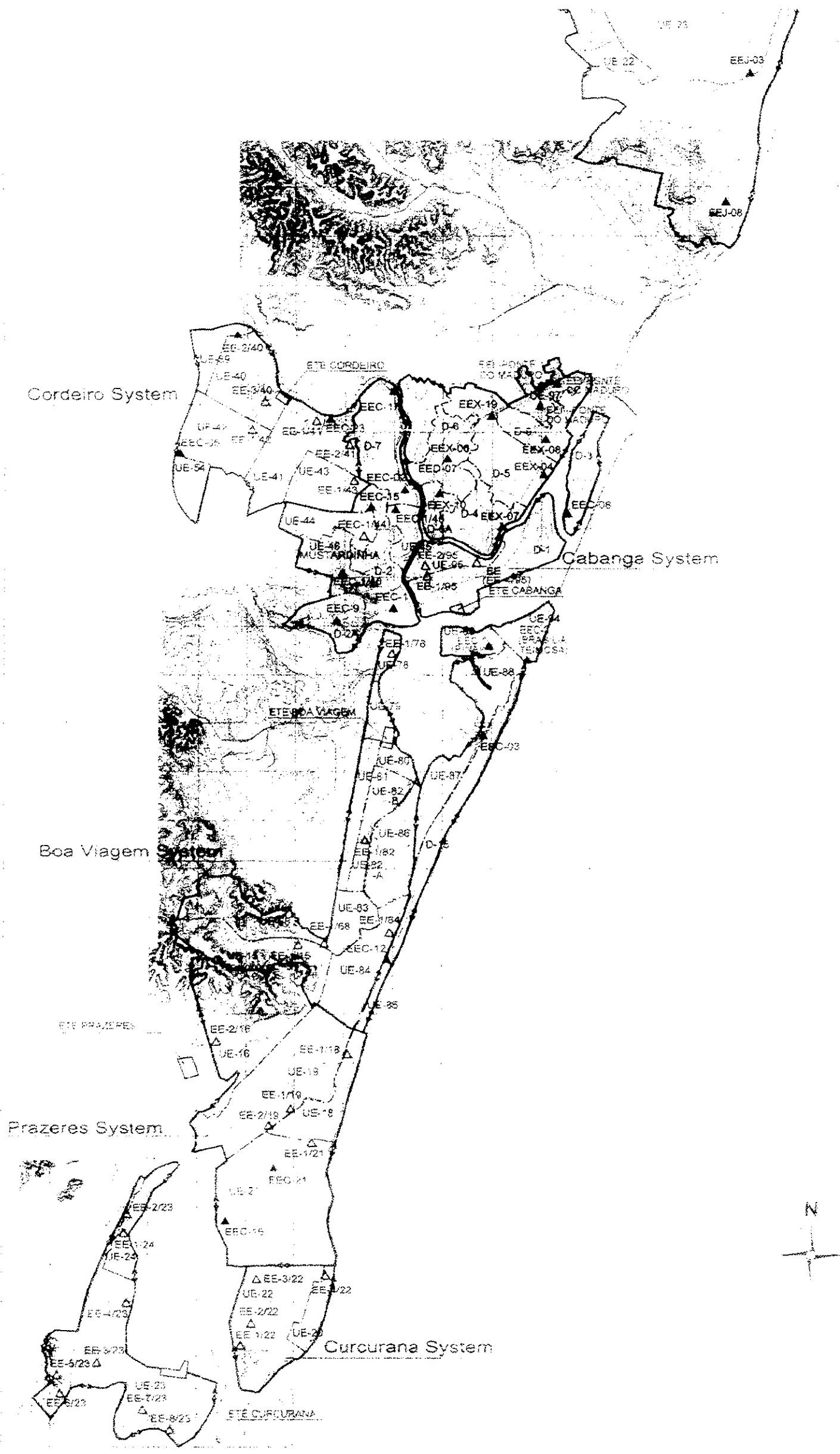
LEGEND

- SYSTEM BOUNDARY
- UE BOUNDARY
- SEWERAGE UNIT
- PUMP STATION
- TREATMENT FACILITY
- PLANNED PUMP STATION
- EXISTING PUMP STATION
- EXISTING AREA (CONVENTIONAL)
- EXISTING AREA (CONDOMINIAL)

SCALE 1:50,000
0 1000 2000

图-IV

7处理区施設配置图



- LEGEND**
- SYSTEM BOUNDARY
 - SE BOUNDARY
 - UE SEWERAGE UNIT
 - EE PUMP STATION
 - ETE TREATMENT FACILITY
 - △ PLANNED PUMP STATION
 - ▲ EXISTING PUMP STATION
 - EXISTING AREA (CONVERTORIAL)
 - EXISTING AREA (NONCONVERTIAL)

图一四

7 处理区施設配構図

調査結果の概要

ブラジル国 レシフェ都市圏雨水排水・下水処理計画調査 ファイナル レポート

調査結果の概要

1 調査概要

この調査は、ペルナンブーコ州レシフェ都市圏雨水排水・下水処理計画のマスタープラン策定および優先プロジェクトの F/S を実施した。

レシフェ都市圏 (RMR) は 14 都市で構成し、人口：310 万人、面積：2,766 km²、地形上は 11 河川流域にわかれている。同地域はブラジル東北部の農業生産および社会経済の中心として発展してきたが、最近では農業の低迷に伴い、観光業が地域の主要産業となっている。しかし、現在レシフェ都市圏は、都市地域 (302km²) の人口急増、特に都市内の貧困層の増加にともなう貧困地域 (スラムまたは非公式居住地域) の拡大、下水施設等都市基盤施設の不足、衛生条件・都市環境の悪化が問題となっている。

1996年の国勢調査によると、州人口 (740 万人) の約 40%が都市圏 (14 都市) に集中しており、その内 83 %が中心部の 5 都市に集中している。貧困層は都市人口の 40%以上と推定されており、旧市街地域内・外の未開発の丘陵地、河川沿いおよび湖沼周辺低地のスラム化の拡大が、都市環境の悪化に拍車をかけている。州政府は都市圏の「水質改善および水質汚濁制御プログラム (PQA)」および貧困地域の生活環境改善プログラムを推進しているが、技術的・経済的な問題を抱えている。

都市圏の下水道普及率および下水処理率は、それぞれ 36%および 21%であるが、既存下水施設 (管渠、ポンプ施設および下水処理施設) は老朽化および維持管理不足により、故障施設が多く、収集下水の大半は未処理のまま、直接・間接的に河川に排除されているのが現状である。その結果、都市圏中心部の排水路は下水路化、湖沼は富栄養化、河川・海岸の水質は汚濁している。調査によると、都市圏は BOD 負荷量の約 91%は中心部を流れる主要 5 河川 (カピバリーベ、ベベリーベ、ジャボアタン、テジピオ およびティンボ川) に排出されている。

現在、レシフェ都市圏は水に起因する病気の罹患率・死亡率が高く、不健康な生活環境を示しており、その改善が急がれている。また、都市圏の河川・海岸の水質汚濁は州の主要産業である観光業への影響が懸念されているとともに、都市環境荒廃の影響は深刻であり、雨水排水・下水処理対策計画の策定と緊急対策の早期実施は地域の緊急課題となっている。

2 雨水排水・下水処理マスタープラン

2.1 目標年2020年のフレームワーク

2020年のレシフェ都市圏における人口、都市化地域、地域総生産（GRDP）について以下の値を設定した。

- 都市人口： 3,635,000人
- 都市化地域： 364.25 km²
- GRDP： R\$ 650億（1997年価格）
1997年のGRDP（R\$ 232.6億）の2.8倍
- 1人当たりのGRDP：R\$ 7,600（1997年価格），1997年の値（R\$ 310）の2.4倍、
国平均の79%（1997年は58%）

2.1 下水処理計画

当調査は、PQAがレシフェ都市圏の下水処理計画として提案した86下水処理区について検討の結果、55下水処理区について既存下水施設の復旧と新たな下水施設の建設を計画した。同時に、事業を円滑に実施し、適切な維持管理をはかるために、実施体制および維持管理に必要な人材育成を提案した。55下水処理区の下水施設整備により、都市圏の下水道普及率は91%となる。マスタープラン（巻頭図II 下水道マスタープラン参照）は下記の2フェーズで実施することを計画した。

- フェーズ 1（2001-2010）： 25下水処理区の下水施設の整備
- フェーズ 2（2011-2010）： 30下水処理区の下水施設の整備

2.2 雨水排水施設整備計画

レシフェ都市圏の主な雨水排水問題は、3都市（オリンダ、レシフェおよびジャボアタン）の河川・湖沼沿いの低地における局地的な水害である。中央部を流れるカピバリーベ川は、流域の洪水対策ダム2基（カルピナおよびゴイタ）の建設および河道改修（国道 No.101 上流）により、1978年以降は大きな水害の記録はない。

PQAの雨水排水計画（20年確率降雨を適用）を見直した結果、排水施設計画は、まずPQAが提案しているレシフェ、オリンダ、ジャボアタン各市の排水計画の実進を進め、同時に水文・河川の基礎資料を整備する。基礎資料整備後に恒久的な排水・洪水対策計画策定を提案する。

2.3 事業費および維持管理費

事業費は直接費および間接費からなり、直接費は工事費、復旧費および用地費、間接費は事務費、技術費および予備費からなる。

- 1) 下水事業の事業費は R\$ 852.7 百万 (471.2 億円相当)、内訳は下表に示す:

下水プロジェクトの事業費

(単位:R\$百万)

項目	フェーズ 1	フェーズ 2	合計
1 直接費			
1) 工事費/復旧費	504.7	129.8	634.5
2) 用地費	23.6	4.1	27.7
小計	528.3	133.9	662.2
2 間接費	151.5	39.0	190.5
合計	679.8	172.9	852.7

備考:

- 1 直接費の積算は 1999 年 11 月の価格を用いた。
通貨の換算レートは R\$ (レアル)1.90 = US \$ 1.00 = ¥105.00 を使用した。
- 2 間接費は直接工事費の 30% を計上した。

- 2) 雨水排水事業の事業費は R\$ 5.0 百万 (2.8 億円相当)、内訳は以下に示す。

雨水排水プロジェクトの事業費

(単位:R\$ 百万)

項目	フェーズ 1
1 直接費	
1) レシフェ	0.81
2) オリнда	1.03
3) ジャボアタン	2.34
小計	4.18
2 間接費	0.84
合計	5.02

備考: 換算レートおよび事業費の構成は下水事業と同様である。

- 3) 維持管理 (O&M) 費

- 1) 下水事業の O&M 費用は直接工事費の 7% (年) と仮定し、44 百万レアル (24.3 億円相当) を計上、
- 2) 雨水排水事業の年 O&M 費用は直接工事費の 2% (年) と仮定し、0.083 百万レアル (4.5 百万円相当) を計上。

2.4 事業評価

- (1) 事業評価は技術、財務、経済、社会および環境面から評価した。技術評価は事業による汚濁負荷削減量の多寡により行い、財務・経済評価はブラジルにおいて世銀等国際機関による融資事業で通常用いられる方法で実施した。
- (2) 財務分析は事業費と収入の市場価格とを基に、下水事業の収入は衛生公社(COMPESA)による下水処理量および下水処理費から求めた。
- (3) 経済評価は下水事業の実施に伴う有形便益として下記の3つの便益を想定した。
 - 住民が個別に実施している下水処理施設設置費用減少による便益
 - 生活環境改善に伴う医療費の減少および病欠による収入のロス減少による便益
 - 環境改善による観光資源維持による観光業後退の防止による便益
- (4) 社会および環境評価については、主に貧困地域の生活環境改善人口の多寡および事業実施による環境上の影響の有無について行った。
- (5) 資本機会費用は 10-12%と推定されるが、同地域の国際機関プロジェクト情報を基に 12%と推定した。
- (6) 提案下水事業の財務および経済分析の結果は、下表に示すように FIRR:6.1 %、EIRR:14.4 % である。

財務・経済分析指標

流域	FIRR(%)	EIRR(%)
プロジェクト全体	6.1	14.4
1. カピバリーベ川流域	6.9	14.4
2. ベペリーベ川流域	7.4	18.9
3. ジャボアタン川流域	4.7	13.0
4. テジピオ川流域	5.8	11.2
5. テインボ川流域	8.3	18.7
6. その他河川流域	7.2	3.7

各河川流域の下水事業は技術、財務、経済、社会および環境上大きな効果がある。事業の実施により、下記のようなプラス効果が期待できる。

- 2020年までに、下水道普及地域は8,516 haから29,985 haに拡大する。都市圏は、下水処理率は、現在の20%以下の水準から91%に向上し、衛生状況および都市環境は大幅に改善される。
- FIRRは6.1%を示しているが、州政府が6.1%より低い金利の財源を調達できれば、財務上、事業実施は問題ない。事業主体の財務条件は、下水料金の値上げおよび政府資金等の補助が得られれば、更に改善される。
- EIRRは14.4%を示し、地域経済上は高い経済効果が期待できる。
- 貧困地域の885,000人を対象に住民参加型のコンドミニアル下水施設整備により、貧困地域の衛生条件および生活条件が改善される。

2.5 初期環境評価 (IFE)

- (1) 環境院 (CPRH) の環境影響評価マニュアル (1998 年) および JICA の環境ガイドラインによると、事業の初期環境評価は「自然条件」、「生態への影響」、「社会経済への影響」を包含している。
- (2) 初期環境評価の結果、本件下水事業の実施は大気、水理、水質および生態に対して顕著なマイナスの影響はないものと判断されたが、下記について F/S 段階で確認が必要である。
 - 下水処理施設が周辺の住民に与える悪臭の影響
 - 下水処理水が河川生態に与える負の影響
 - 建設工事が生態に与える負の影響

2.6 F/S 対象の優先プロジェクト選定

優先プロジェクトは、早期に都市環境の回復をはかる対策として、主要河川流域の下水処理施設整備を選定した。主要河川流域の下水処理区について、既存施設、対象人口、貧困層の有無、既存下水施設の復旧および下水施設の新設による汚濁負荷量削減効果を検討の結果、下記の7下水処理区の下水施設整備を優先プロジェクトに選定した。

なお、主要河川流域のうちベベリーベ川流域については、既に世銀資金による PRO-METROPOLE の実施が予定されており、その事業に下水施設整備も含まれているので、優先プロジェクトの検討対象から除外した。

優先プロジェクト

下水処理区	河川流域	自治体	下水処理人口
1 コンセイソン	ティンボ	ポーリスタ	62,400
2 ジャンガ	ティンボ	ポーリスタ	322,450
3 カバンガ	カピバリーベ	レシフェ	306,690
4 コルデイロ	カピバリーベ	レシフェ	157,010
5 ボア ヴィアジェン	テジピオ	レシフェ	109,230
6 プラゼレス	ジャボアタン	ジャボアタン	233,400
7 クルクラーナ	ジャボアタン	ジャボアタン	150,160
		計	1,341,380

2.7 実施計画

マスタープランは2フェーズに分け、2020年までに完成する。事業実施に当たっては事業管理組織（PMU）を設立する。なお、事業完成後、施設の運営・維持・管理は衛生公社（COMPESA）が管轄するものとした。

(1) フェーズ 1 (2001-2010)

(下水)

- フェーズ 1 下水事業（25下水処理区）の実施
- 維持・管理の実施
- 非構造物対策として環境教育の推進

(雨水・排水)

- レシフェ都市圏（RMR）に自記雨量計の設置・観測、河川の基礎調査の実施
- PQAの排水事業の実施
- 主要河川流域の河川改修計画の準備

(2) フェーズ 2 (2011-2020)

(下水)

- フェーズ 2 の下水事業（30下水処理区）の実施
- 維持・管理の実施

(雨水・排水)

- 設計条件の確立
- 主要河川の河川改修計画および雨水排水計画の策定

3 優先プロジェクトの F/S

3.1 下水処理施設計画

各下水処理区の下水施設は都市圏地域開発機関 (FIDEM) が準備した地形図 (1:10,000) をベースに計画した (巻頭図III下水道優先プロジェクト参照)。

計画施設の概要は以下に示す。

- 幹線管渠： 125.4k m
- ポンプ場： 81ヶ所 (新設：43ヶ所、既設の復旧：38ヶ所)
- 下水処理場： 7ヶ所 (新設：5ヶ所、既設の復旧：2ヶ所)

下水処理施設は2次処理施設、滅菌施設(紫外線処理)および汚泥処理施設を計画した。

下水処理プロセスの内容は以下の通りである。

- 1) 下水処理プロセスは計画用地の制限により、下記の2種類のプロセスを選定した：
 - 下水処理場用地に制限がある2ヶ所の処理場 (カバンガおよびコルデイロ) の下水処理プロセスは" 嫌気性汚泥ブランケット法+ 散水ろ床" プロセス、を計画した。
 - 下水処理場用地が十分に取れる他の5ヶ所の処理場 (コンセイソン、ジャンガ、ボアヴィアジェ、プラゼレスおよびクルクラナ処理場) の下水処理プロセスは" 嫌気性汚泥ブランケット法 + エアレーションラグーン + 仕上げ池" プロセスを計画した。
- 2) 滅菌処理：
 - 滅菌処理は経済的には塩素滅菌処理方式が有利と判断されるものの、現在検討が進められている環境基準および排水規制を考慮した結果、最終的に紫外線処理を選定した。
- 3) 汚泥処理：
 - 用地に制限がある、又は住宅地域に隣接するカバンガ、ボアヴィアジェンおよびコルデイロ処理場は機械脱水方式を選定した。
 - 用地が十分ある他の4ヶ所の処理場 (コンセイソン、ジャンガ、プラゼレスおよびクルクラナ処理場) は自然乾燥方式を選定した。
 - 最終処分は埋め立て方式を選定した。

3.2 事業費

- (1) 事業費は工事費および間接費からなる。直接費は工事費、用地費および維持管理機器費、間接費は技術費、事務費および予備費を含んでいる。事務費、技術費および予備費はそれぞれ工事費の5%、10%、15%を計上した。事業費は合計 R \$344.5 百万 (210.5億円相当) である。

事業費

(単位：R\$ 1,000)

項目	コンセイソン	ジャンガ	カバンガ	ポア ヴェン ヴィア	コル デイ ロ	ブラ ゼレ ス	クル クラ ーナ	合 計
I 直接費								
1 工事費								
1 下水処理施設 工事	5,618	13,506	15,133	7,094	6,928	10,571	9,839	68,689
2) 幹線管渠工事/ ポンプ施設工事	3,452	18,009	12,605	10,060	5,714	12,131	6,483	68,454
3) 枝線管渠工事	7,065	27,168	12,027	10,765	8,414	13,798	10,040	89,277
小計	16,135	58,683	39,765	27,919	21,056	36,500	26,362	226,420
2 用地費	3,296	48	480	24,251	1,427	14,999	1,024	45,525
3 維持管理機器費	649	711	711	649	649	649	649	4,667
II 間接費								
1 技術費	1,614	5,868	3,977	2,792	2,106	3,650	2,636	22,643
2 事務費	807	2,934	1,988	1,396	1,053	1,825	1,318	11,321
3 予備費	2,420	8,802	5,965	4,188	3,158	5,475	3,954	33,962
合計	24,921	77,046	52,886	61,195	29,449	63,098	35,943	344,538

備考：R\$1.80 = US\$1.0 = ¥110 (2000年7月)

(2) 維持管理費

工事終了後の年間維持管理費は工事費の6%と仮定、R\$ 13.6 百万 (8.3 億円相当)を計上した。

3.3 環境影響評価 (EIA)

- (1) 優先プロジェクトに選定した下水処理区の下水処理場建設 (7ヶ所) 実施に伴う環境影響について、ベルナンブーコ州 環境院 (CPRH) の環境評価ガイドラインおよび JICA の環境ガイドラインに基づいて調査した。

- 処理水放流は河川水質・流況・生態に対し重要な影響は認められない。
- 悪臭については、カバンガ処理場以外は問題ない。なお、カバンガ処理場についても、場内のグリーンベルト設置および脱臭対策の実施により悪臭は軽減が可能

であり、隣接住宅地域に対する環境上の重要な影響は認められない。

- 処理場計画地域には植物・動物の貴重種は存在しないので、重要な影響は認められない。

- (2) 事業実施に当たり州政府（環境院：CPRH）から環境免許取得が必要となる。環境院（CPRH）の環境免許マニュアル（1998年）によると、下水事業は「汚水事業（項目一4）」に該当し、事業実施に当たり、事前に環境院（CPRH）から段階的に3種類の環境免許；「予備免許（Preliminary License）」、「実施免許（Installation License）」、「操業免許（Operation License）」を取得する必要がある。

3.4 事業評価

各事業の財務評価指標（FIRR）・経済評価指標（EIRR）の値は下表の通りである。

経済評価指標

下水処理区	FIRR(%)	EIRR(%)
1. コンセイソン	3.1	12.6
2. ジャンガ	9.9	12.8
3. カバンガ	15.0	15.5
4. ボア ヴィアジェン	4.1	11.7
5. コルデイロ	6.6	10.8
6. プラゼレス	4.9	14.1
7. クルクラーナ	7.2	14.6
プロジェクト全体	7.9	13.1

各処理区について、M/Pと同様に、その緊急性（総汚濁負荷量）、技術評価（汚濁負荷量の削減）、財務・経済評価（FIRR/EIRR 指標）および社会環境効果（サービス人口および貧困地域のサービス人口、工事の影響）について検討を行った。提案事業の実施により下記の効果が期待される。

- 2010年までに、下水道普及地域が現在の2,956 haが12,464haに拡大し、下水処理率が現在の20%以下の水準から約37%に上昇する。
- 財務内部収益率（FIRR）は7.9%を示しているが、州政府が7.9%より低い金利の財源を調達できれば、財務上、事業実施は問題ない。事業主体の財務条件は、下水料金の値上げおよび政府資金等の補助が得られれば、更に改善される。
- 経済内部収益率（EIRR）は13.1%を示し、高い効果を示している。
- 貧困地域の住民324,000人を対象に参加型のコンドミニアル型下水施設を整備することにより、貧困地域の衛生条件・生活環境が改善される。

総合評価の結果は次頁の表に示す。

優先プロジェクトの総合評価

下水処理区	河川流域	流域内発生 BOD 負荷量 (kg/day) (RMR 全体 BOD 負荷量 に対する率)	基本的条件				緊急性		技術評価		経済評価		財務評価		社会環境影響評価		建設工事の影響		総合評価	
			流域面積 (ha)	人口 (2020年)	BOD 負荷量 (kg/day)	工事費 (1000RS)	河川流域と位置		BOD 負荷量の削減 (kg/day) および削減 率 (%)		下水事業の EIRR 値		下水事業 FIRR 値		処理区全体の下水処理人口と処理 区内の貧困地域下水処理人口					
コンセイソン	ティンボ	25,874 (13.1%)	853	62,440	3,372	16,135	緊急性が高い	B	BOD 削減量: 3,035 kg/day, 削減率: 11.7%	C	12.6%	A	3.1%	B	下水処理人口: 62,445 人 貧困地域の下水処理人口: 不明	C	環境影響は明らか でないが、環境上 重要な影響はない	B	効果が高い	B-
ジャンガ	ティンボ	25,874 (13.1%)	3,954	322,450	17,423	58,683	極めて 緊急性が高い	A	BOD 削減量: 15,681 kg/day, 削減率: 60.6%	A	12.8%	A	9.9%	A	下水処理人口: 322,450 人 貧困地域の下水処理人口: 不明	A	重要な環境影響は ない	A	非常に 効果が高い	A
カバンガ	カピナリーベ	43,839 (22.2%)	2,671	306,690	17,443	39,765	極めて 緊急性が高い	A	BOD 削減量: 15,699 kg/day, 削減率: 35.8%	A	15.5%	A	15.0%	A	下水処理人口: 306,690 人 貧困地域の下水処理人口: 72,869 人 (24%)	A	重要な環境影響は ない	A	非常に 効果が高い	A
ボア ヴィアジェン	テジビオ	30,366 (15.4%)	1,203	157,010	8,525	27,919	極めて 緊急性が高い	A	BOD 削減量: 7,673 kg/day, 削減率: 25.2%	B	11.7%	B	4.1%	B	下水処理人口: 157,010 人 貧困地域の下水処理人口: 34,008 人 (22%)	A	周辺住居地域に影 響が予想される	C	効果が高 い	B+
コルティロ	カピナリーベ	43,839 (22.2%)	1,054	109,230	5,898	21,056	緊急性が高い	B	BOD 削減量: 5,508 kg/day, 削減率: 12.1%	C	10.8%	B	6.6%	A	下水処理人口: 109,230 人 貧困地域の下水処理人口: 29,215 人 (29%)	B+	周辺住居地域に影 響が予想される	C	効果が高 い	B+
ブラゼレス	ジャボアタン	35,139 (17.8%)	1,570	233,400	12,604	36,500	極めて 緊急性が高い	A	BOD 削減量: 11,344 kg/day, 削減率: 32.3%	A	14.1%	A	4.9%	B	下水処理人口: 233,403 貧困地域の下水処理人口: 138,204 人 (60%)	A	環境影響は明らか でないが、環境上 重要な影響はない	B	非常に 効果が高い	A-
クルクラナ	ジャボアタン	35,139 (17.8%)	1,160	150,160	8,108	26,362	緊急性が高い	B	BOD 削減量: 7,297 kg/day, 削減率: 20.8%	B	14.5%	A	7.2%	A	下水処理人口: 150,160 貧困地域の下水処理人口: 48,011 人 (32%)	B-	重要な環境影響は ない。	A	非常に 効果が高い	A-

評価基準

評価項目	A	B	C
技術評価 (BOD の削減)	10,000 kg/day 以上	10,000~5,000 kg/day	Below 5,000 kg/ 以下
経済評価 (EIRR)	12.0 % 以上	12.0 %~10.0%	Below 10.0 % 以下
財務評価 (FIRR)	5.0 % 以上	5.0 %~2.0 %	Below 2.0 %
社会環境評価	非常に効果が高い	高い	低い

3.5 実施体制

- (1) 社会開発企画局 (SEPLANDES) が指導的機関として、事業実施を進める。事業実施にあたり、事前に事業管理組織 (Project Management Unit : PMU) および調整委員会 (Steering Committee) を設立する。調整委員会は関連機関の代表者で構成する。

- (3) 社会開発企画局 ((SEPLANDES) は、F/S 終了後、準備委員会を設立し、事業の推進にあたる。事業管理組織 (PMU) および調整委員会は詳細設計開始前に設立する。事業管理組織 (PMU) の構成員は事業の進捗にあわせ、関連部局および機関から調達する。

3.6 維持管理計画

- (1) 現在、衛生公社 (COMPESA) が下水施設の運営・維持管理を管轄しており、衛生公社 (COMPESA) は引き続き既存下水施設の維持管理にあたる。事業完成後に必要な維持管理 (O&M) 体制は、フェーズ1の事業実施中に衛生公社 (COMPESA) の首都圏下水管理機関 (GME) を中心に人材の強化をはかる。現在の GME は技術スタッフは20人規模 (上級技師 : 6人、専門技術者 : 14人) と小規模だが、優先プロジェクトが操業に入る2008年時点までに、技術スタッフは86人規模 (上級技師 : 21人、専門技術者 : 65人) に増員が必要となる。
- (2) O&M 組織整備に必要な人材は衛生公社 (COMPESA) の人材を中心に、人材育成計画を進める。
- (3) O&M 実施に必要な基礎資料・情報を早急に整備する。衛生公社 (COMPESA) は既に一部施設のデータベース化に着手している。フェーズ1に既存施設の調査を進め、既存施設のデータ整備を早急に完成させる。
- (4) O&M 実施 (監視、調査、維持作業等) に必要な機器 (車、軽トラック、高圧洗浄車、バキューム車、ダンプトラック、TVカメラセット) を整備する。

3.7 実施計画

- (1) 社会開発企画局 (SEPLANDES) を指導的機関として、事業の実施にあたっては事前に事業管理組織 (PMU) および調整委員会を設立する。
- (2) 詳細設計業務 (含む入札書類の作成業務)、建設工事の施工管理業務は、コンサルタントチームを調達し、実施する。
- (3) 建設工事の実施は入札書に基づきコントラクターを調達し、実施する。
- (4) 人材養成は詳細設計および施工管理を通じて、On-the-Job Training を基本に、技術移転をはかる。O&M 作業に不可欠な施設台帳等は事前に詳細設計業務段階に整備する。下水処理施設、下水ポンプ施設、管路施設等の施設に係る O&M に関する On-the-Job Training は施工監理段階で実施する。

(5) 事業の実施計画および必要な事業資金支出計画は以下に示す。

優先プロジェクト実施計画

下水処理区	作業項目	フェーズ 1									
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
コンセイソン	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務										
ジャンガ	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
カバンガ	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
ボアヴィアジェン	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務										
コルデイロ	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務										
ブラゼレス	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務										
クルクラナ	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務										

優先プロジェクト資金支出計画表 (単位: R\$ 1,000)

処理システム	事業費	期 間					
		2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
コンセイソン	24,921	3,344	2,294	4,500	8,167	6,616	—
ジャンガ	77,046	5,796	1,980	11,639	20,807	20,807	16,017
カバンガ	52,886	4,152	1,566	9,037	9,037	16,401	12,693
ボアヴィアジェン	61,195	14,872	13,055	5,537	9,900	9,900	7,931
コルデイロ	29,449	2,924	1,555	5,874	10,659	8,437	—
ブラゼレス	63,098	11,092	8,716	7,240	12,941	12,941	10,168
クルクラナ	35,943	3,277	1,566	7,354	13,346	10,400	—
合計	344,538	45,457	30,732	51,181	84,857	85,502	46,809

4 結論と勧告

レシフェ都市圏の河川・排水路は水質汚濁が進み、水環境が荒廃しており、河川環境の回復は当地域の緊急課題と考えられる。水質の改善は主要河川流域の下水施設を段階的に整備し、汚濁負荷量を削減していくことが肝要である。提案の下水処理計画は技術、財務、経済、社会および環境上妥当と結論されるので、レシフェ都市圏の河川環境を改善し、環境問題の軽減を図るため、州政府は速やかに下記実施を進めることを提言する：

- (1) レシフェ都市圏の都市環境回復を図るために、提案の下水施設マスタープランの実施を進める、特に、優先プロジェクトに選定した7下水処理区下水施設は早期に実施する。
- (2) PQA が提案した雨水・排水計画は技術的に妥当と判断されるため、下水処理計画同様に早期実施をはかる。
- (3) 優先プロジェクトを含め、マスタープランをスムーズに推進するために、本件調査終了後、SEPLANDES は責任機関として関連機関と調整をはかり、直ちに PMU 設立準備委員会を組織して事業実施前に PMU を設立する。
- (4) COMPESA は維持管理体制の整備に向けて、既存下水施設のデータの整備および既存下水施設の実態調査およびデータの整備を進める。
- (5) コンドミニアル型下水システムを成功させるために、州政府および COMPESA は組織的な支援も含め、継続的に住民指導を実施する。
- (6) レシフェ都市圏の雨水排水、洪水対策を進めるためには、基礎的データである短時間降雨観測および主要河川の縦横断面、水位データの整備が必要である。このため自記雨量計の設置・観測および主要河川の縦横断面、水位データ整備を実施する。

要約

目 次

ページ

1	調査の背景と目的	1
2	調査地域の概要	4
2.1	下水処理の現状	4
2.2	洪水および雨水排水問題の現状	5
2.3	環境対策	6
2.4	関連組織・機関	7
2.5	衛生公社の維持管理体制	8
2.6	料金徴収	8
2.7	財務状況	8
3	マスタープラン	9
3.1	基本方針	9
3.2	下水処理対策計画	10
3.3	雨水排水施設整備計画	12
3.4	事業費	14
3.5	事業評価	16
3.6	初期環境調査(IEE)	20
3.7	実施組織	20
3.8	優先プロジェクトの選定	21
3.9	実施計画	23
4	優先プロジェクトのF/S	24
4.1	下水処理計画	24
4.2	管渠・ポンプ場施設計画	26
4.3	下水処理施設計画	26
4.4	事業費	30
4.5	環境影響評価(EIA)	31
4.6	事業評価	31
4.7	実施体制	35
4.8	維持管理計画	35
4.9	実施計画	36
5	結論と勧告	38

表 一 覧

		ページ
表-1	人口及び市街地面積(1977, 2020年)	39
表-2	計画水使用量と計画汚水量	40
表-3	レシフェ都市圏の発生汚濁負荷量	40
表-4	下水処理区の計画規模(1/2, 2/2)	41
表-5	下水道施設の修復箇所	43
表-6	下水幹線施設規模	45
表-7	ポンプ場箇所数	47

図 一 覧

ページ

図-I	調査地域	巻頭
図-II	下水道マスタープラン	巻頭
図-III	下水道優先プロジェクト	巻頭
図-IV	7処理区施設配置図	巻頭
図-1	レシフェ都市圏の下水道既存施設	48
図-2	レシフェ都市圏中心部の下水道既存施設	49
図-3	主要下水処理場処理区 (ジャンガ、ベンシニヨ、カバンガ)	50
図-4	レシフェ都市圏の汚濁負荷量	51
図-5	雨水排水地域 (1978年)	52
図-6	ベルナンブーコ州の組織	53
図-7	コンセイソン処理区下水道施設計画平面図	54
図-8	ジャンガ処理区下水道施設計画平面図	55
図-9	カバンガ処理区下水道施設計画平面図	56
図-10	ボアヴィアジェン処理区下水道施設計画平面図	57
図-11	コルデイロ処理区下水道施設計画平面図	58
図-12	ブラゼレス処理区下水道施設計画平面図	59
図-13	クルクラーナ処理区下水道施設計画平面図	60
図-14	ジャンガ下水処理区の既設ポンプ場系統	61
図-15	カバンガ下水処理区の既設ポンプ場系統	62
図-16	処理場位置	63
図-17	コンセイソン処理場配置計画	64
図-18	ジャンガ処理場配置計画	65
図-19	カバンガ処理場配置計画	66
図-20	ボアヴィアジェン処理場配置計画	67
図-21	コルデイロ処理場配置計画	68
図-22	ブラゼレス処理場配置計画	69
図-23	クルクラーナ処理場配置計画	70

ブラジル国 レシフェ都市圏雨水排水・下水処理計画調査 ファイナル レポート

要 約

1 調査の背景と目的

(1) 背景

この報告書は、ペルナンブーコ州 レシフェ都市圏雨水排水・下水処理計画のマスタープランおよび優先プロジェクトのF/S結果をとりまとめている。

調査対象地域、レシフェ都市圏 (RMR) はブラジル東北部の社会経済の中心である。レシフェ都市圏 (RMR) は 14 都市で構成しており、人口:310 万人 (1996 年 国勢調査)、面積:2,766 km²、地形上は 11 河川流域に分れる (図-1 参照)。

レシフェ都市圏の現状は、都市部への人口集中と貧困地域 (スラムまたは非公式居住地域) の急速な拡大に伴い、下水施設等都市基盤施設が不足し、水環境、都市環境の悪化が進んでいる。

1996 年の国勢調査によると、都市圏の人口が州人口 (740 万人) の約 40 % (300 万人) を占め、その 83% が中心部の 5 都市 (レシフェ、オリンダ、ジャボアタン、ポーリスタ、およびカマラギイベ) に集中しており、貧困層の増加と都市地域のスラム化が進んでいる。貧困層は都市人口の 40% 以上と推定されており、旧市街地域内・外の未開発の丘陵地、河川沿いおよび湖沼周辺の低地のスラム化が、水環境、都市環境悪化に拍車をかけている。

下水施設は、レシフェの旧市街を中心に既設下水管網および下水処理施設があるが、主に 1980 年代以前に施工された施設である。現在、下水施設を管理する衛生公社 (COMPESA) の下水管接続および下水処理施設接続は都市世帯のそれぞれ 36% および 21% と低い。既存下水施設は老朽化、維持管理の不足により、下水ポンプ・下水処理施設の故障、下水管の破損が多く、収集下水の大半は、未処理のまま、直接・間接的に河川に排除されている。その結果、市街地域の排水路の下水路化、湖沼の富栄養化、河川の汚濁が進行している。

レシフェ都市圏は水に起因する病気の罹患率・死亡率が高く、不健康な生活環境を示しており、その改善が急がれている。また、都市圏の河川・海岸の水質汚濁は州の主要産業である観光業への影響も懸念されており、その影響は深刻である。

州政府は貧困地域改善対策として特別社会配慮地域 (ZEIS: Special Zones of Social Interest) の制定、首都圏貧困地域総合対策プログラム (PRO-METROPOLE: Integrated Action

Program in the RMR Low Income Areas)等の貧困地域の生活環境改善プログラムを推進している。このほか、州政府は雨水排水および下水処理対策に対処するため、1996年から3年間、世銀（IBRD）の援助により、「水質改善および水質汚濁制御プログラム（PQA）」を実施し、対策を検討しているものの、技術的・経済的な問題から、その実施は一部にとどまっている。

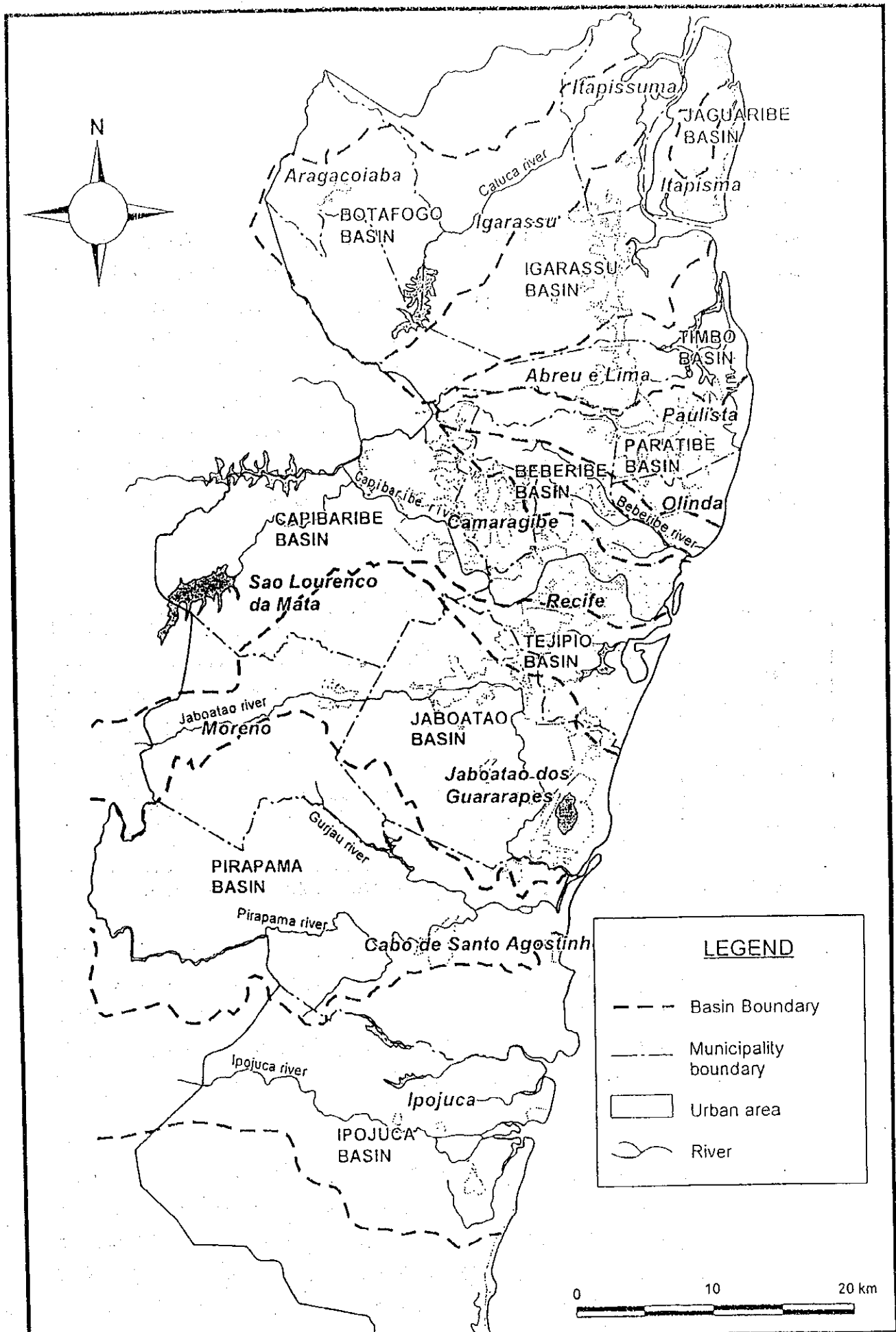
日本政府は、ブラジル政府の要請に基づき、「レシフェ都市圏雨水排水・下水処理計画調査」の実施を決定し、1999年2月、JICAは現地に事前調査団を派遣、1999年3月3日、州政府の社会開発企画局（SEPLANDES）および中央政府のブラジル協力事業団（ABC）とS/Wの署名・交換をした。

本調査は以上の背景を踏まえ、下記を目的としている。

- 1 レシフェ都市圏の環境を改善するため、都市圏の雨水排水・下水処理について、2020年を目標年とするマスタープランを策定する。
- 2 マスタープランで選定した優先プロジェクトについてF/Sを実施する。
- 3 調査実施を通し、カウンターパートへ技術移転をはかる。

1999年10月に調査を開始し、PQAが提案した雨水排水および下水処理計画を見直し、2000年3月にレシフェ都市圏の雨水排水および下水処理のマスタープラン（MP）を提案、F/S対象の優先プロジェクトとして、都市圏中央部に位置する下水処理区（7地区）の下水施設整備を選定した。

2000年5月中旬に、州政府とM/Pの説明・協議を実施し、5月下旬から同年11月に優先プロジェクトのF/Sを実施した。



レシフェ都市圏の行政界と主要河川

2 調査地域の概要

2.1 下水処理の現状

- (1) 現在、下水処理は衛生公社 (COMPESA) が管轄している。都市圏の下水施設は、国の下水道行政の方針に基づき、1970 年代にレシフェ市等から衛生公社 (COMPESA) に移管されたものも含まれている。既存下水施設は都市圏の中心部に位置する比較的大規模な主要 4 下水管理区 (ジャンガ: 7 地区、ペンシニヨ: 9 地区、カバンガ: 11 地区、南部: 17 地区) と広範囲に分散している独立した小規模下水処理区とに分かれる (図-1, 2 参照)。計画処理規模は日当り 223,000 m³ となっており、下水処理方式はラグーンや腐敗槽よるものが大半を占めている。その中で主要な処理場はジャンガ (計画規模: 34,000 m³、OD法)、ベイシニヨ (計画規模: 36,000 m³、散水ろ床法) およびカバンガ (計画規模: 80,000 m³、最初沈殿池) の各処理場である (図-3 参照)。レシフェ都市圏の既設下水施設の概要は下表に示す。

レシフェ都市圏の既存下水施設

下水システム	下水管延長 (km)	ポンプ施設 (ヶ所)		下水処理規模 (m ³ /day)	下水道普及人口
		全体数	内故障中		
主要管理区					
ジャンガ	441	50	23	54,919	265,717
ベイシニヨ	185	43	20	34,148	330,285
カバンガ	135	51	16	107,436	233,036
南部地区	141	23	7	26,815	104,338
小計	902	167	66	223,318	933,376
他の処理区					105,943
合計					1,038,409

Source - Diagnosis at the Sewerage System Operated by COMPESA in the RMR

- (2) 現在、衛生公社 (COMPESA) が管理する下水施設の大半は 1950 年代から 1980 年代に建設されたものである。老朽化が進んでおり、機器の故障により機能していない施設 (ポンプ場および処理場) が多数あり、ポンプ施設の故障により、下水を処理場に送れず排水路・河川に直接排水している。主要処理場であるジャンガ処理場は機器の故障によりほとんど機能しておらず、カバンガ処理場は全く機能していない。ペンシニヨについても稼働状況は計画の半分以下である。
- (3) 独立した小規模下水処理区は、住宅団地等に建設された下水処理システムが 31 ヶ所 (サービス人口: 106,000 人)、コンドミニアル型下水システムが 54 ヶ所 (サービス人口: 117,000 人) ある。コンドミニアル型下水システムは、宅地内に浅い下水管を布設していく方式を基本にしており、住民参加型の経済的な下水システムとして、1980 年代前半からブラジルの各地で実施されている。RMR のコンドミニアル型下水システムは、主

に貧困地域を中心に実施されてきたが、未完成または充分機能していないシステムが多数存在している。現在、衛生公社（COMPESA）が管理しているコンドミニアル型下水システムは22ヶ所のみであり、残り32ヶ所は自主管理となっている。

- (4) 既存コンドミニアル型下水システムの中には未完成または機能していないシステムが多数見受けられるので、既存のコンドミニアル型下水処理システム10ヶ所（7ヶ所：レシフェ市の建設、3ヶ所：衛生公社の建設）について、計画・実施・維持管理の実態を調査した。その結果、住民参加が基礎となるコンドミニアル型下水処理システムの成功には、住民の積極的参加と住民教育とが不可欠であることが明らかとなった。同システムは、システムに係る住民の組織化、システムの計画・施工、住民の維持管理が基本となるが、州政府および衛生公社（COMPESA）が組織的・継続的に組織・計画・施工・維持管理に関与していくことが不可欠である。
- (5) 1997年のレシフェ都市圏の発生負荷量（BOD）は160,210 kg/day、総負荷量は105,720 kg/dayと推定され、総負荷量の流出率は0.66となる。総負荷量分布によると、都市圏中央部を流れる、主要5河川流域（ベベリーベ川、カピバリーベ川、テジピオ川、ジャボアタン川およびティンボ川）が総負荷量の91%を占めている（表—3、図—4参照）。
- (6) 多数分布する個別下水処理方式は定期的に腐敗槽の汚泥排除・処理が不可欠であるが、レシフェ都市圏は腐敗槽の汚泥排除・処理システムがまだ確立していない。現在、幾つかの民間会社が汚泥排除し、既存処理場で汚泥処理を実施しているが、対応する会社の絶対数が不足している。
- (7) レシフェ都市圏の工場廃水については、環境院（CPRH）が排水基準により監視・制御しており、衛生公社（COMPESA）は下水計画から分離している。現在、環境院（CPRH）は合計38工場についてBOD 310 トン/日の排出を認めており、9工場が全BOD負荷量の96%を排出している。

2.2 洪水および雨水排水問題の現状

- (1) レシフェ都市圏は、過去にカピバリーベ川の氾濫により度々洪水被害を受けていたが、都市圏上流に洪水対策ダム2基（カルピナダム、ゴイタダム）の建設と、本川の国道（No.101）上流部の河道改修により、1978年以降は顕著な水害は発生していない。最近の都市圏における雨水排水問題は、ダム下流部の豪雨に起因するものである。

(2) 問題地域は、主にオリンダ、 レシフェ、 ジャボアタン各市の河川沿、 海岸および湖沼周辺の低・湿地にあたる (図—5 参照)。 現在の雨水排水問題は要約すると以下の通りである。

- 1) 高潮位・河川の洪水氾濫危険地域に該当する河川・海岸および沼沢周辺の低平地に低所得者が多数居住している。
- 2) 河道の土砂堆積、ゴミの堆積および水生植物により洪水疎通能力が減少し、これに伴う洪水氾濫危険地域に低所得者が多数居住している。
- 3) 丘陵地および斜面の開発にともなう土砂・水災害危険地域に貧困地域が形成されている。
- 4) 排水施設の排水能力不足が原因の道路の浸水地域が多数存在している。

2.3 環境対策

(1) ベルナンブーコ州では環境院 (CPRH) が全ての環境関連事項を管轄しており、環境の保護、環境汚染の防止・抑制に主要な役割を担っている。

(2) 水質基準は、国家環境審議会 (CONAMA) および州法 (No.7269、05/06/1981) による基準 (淡水: Class 1-4, 海水: Class 5-6, 塩水: Class 7-8)、並びに国家環境審議会 (CONAMA) の決議 (No. 20/1986) および環境院 (CPRH) による基準 (Class 1-4) がある。

(3) 環境院 (CPRH) の水質データによると、主な河川の水質の現状は以下の通りである。

- ベベリーベ川: Class 2 and Class 3
河口に向けて DO 値は減少し、BOD 値は増加しており。河道全体で大腸菌群による汚染が顕著である。
- カピバリーベ川: Class 2
河口に向けて DO 値は海水の影響で増加しているが、BOD 値は河口に向けて増加している。河道全体で大腸菌群による汚染が極めて顕著である。
- ジャボアタン川: Class 2 and Class 3
河口に向けて DO 値は減少、BOD 値は急激に増加している。河道全体で大腸菌群による汚染が顕著である。
- イボジュカ川: Class 2
河口に向けて DO 値は減少し、BOD 値は増加している。河道全体で大腸菌群

2.4 関連組織・機関

- (1) ベルナンブーコ州政府は知事の下に 17 局、37 機関で構成している (図-6 参照)。この計画調査の関連局および機関は以下の通りである。

関連局：

- 社会開発企画局 (SEPLANDES)
- 公共インフラ局 (SEIN)
- 水資源局 (SRH)
- 環境科学技術局 (SECTMA)

関連機関は：

- 衛生公社 (COMPESA)：公共インフラ局所属
- 開発企画院 (CONDEPE)：社会開発企画局所属
- 都市圏地域開発機関 (FIDEM)：社会開発企画局所属
- 科学技術研究院 (ITEP)：環境科学技術局所属
- 環境院 (CPRH)：環境科学技術局所属

社会開発企画局 (SEPLANDES) は本調査のカウンターパート機関であり、州政府の基本計画の策定、調整、監督の実施および実施事業の評価の責任機関である。公共インフラ局 (SEIN) は交通、エネルギー、通信、住宅および衛生に関する州政府の政策の立案と実施の責任機関である。水資源局 (SRH) は、州法 No. 11416 (1997/1/17)により 1999 年に設立され、水資源の見地から、洪水防御および雨水排水にも責任がある。

- (2) 衛生公社 (COMPESA) は、1971 年 7 月に公共インフラ局 (SEIN) の下に設立された公共企業体で、給水・衛生サービスおよび大半の既存下水施設の維持管理ならびに効果的な水資源利用・保全の責任機関である。現在の給水人口：490 万人、下水・衛生サービス人口：110 万人である。
- (3) 雨水排水施設は主に各自治体が管轄している。排水流域が複数の自治体にまたがる場合は州政府が管轄し、公共インフラ局 (SEIN) が責任機関であり、社会開発企画局 (SEPLANDES) が決定機関である。なお、河川流域が複数の州にまたがる場合は、連邦政府の管轄となるが、調査地域には該当する河川はない。

2.5 衛生公社 (COMPESA) 維持管理体制

首都圏の下水施設の維持管理は衛生公社 (COMPESA) の首都圏下水管理機関 (GME) が担当しているが、1980 年代以来下水施設の定期点検は実施されておらず、多数の施設が故障したまま放置されている。現在の首都圏下水管理機関 (GME) の維持管理実施体制は、専門的スタッフ：9 名、技術者：14 名、補助員 196 名、計 219 名で構成している。現在の主な維持管理活動は、管路の土砂排除や復旧が主なもので、苦情等による事後対応が主体となっている。維持管理記録はまだ作成されていないが、最近既存管渠施設のデータ整備が開始されている。最近実施された TV カメラによる管渠調査は、調査管渠 (11.6 km) の約 10 % が布設替えが必要と報告している。

2.6 下水道料金

下水道使用料は下水道に接続している世帯から上水道使用料をベースに徴収されている。上水道料金は用途別 (一般住民、工場・事業所、商業施設および公共施設) および累進使用料制 (一般住民のみ) を採用している。下水道使用料の上水道料金に対する割合は下記に示すように、接続する下水道の下水収集形式および処理形式により 40-100 % の幅があり、コンドミニアル形式や簡易型下水処理施設に接続している世帯の料率は低く設定されている。

- 通常の下処理場に接続する下水道： 上水道使用料の 100%、
- 通常の下処理場に接続するコンドミニアル型下水道： 上水使用料の 50%、
- 簡易下水処理場に接続する通常の下水道： 上水使用料の 80%
- 簡易型下水処理施設に接続するコンドミニアル型下水道： 上水使用料の 40%

なお、単位上水使用料 (1.0 . 当り)：

- 一般家庭： R \$ 0.73 - 3.25 (10 . 以下は基本使用料 R\$ 4.6)
- 商業施設： R \$ 2.2 (10 . 以下は基本使用料 R\$ 11.1)
- 工場・事業所： R \$ 2.96 (10 . 以下は基本使用料 R\$ 13.9)
- 公共施設： R \$ 1.63 (10 . 以下は基本使用料 R\$ 10.7)

1999 年 7 月の実績から単位下水道使用料を算定すると平均 R\$ 0.84 / . となる。

2.7 衛生公社 (COMPESA) の財務状況

衛生公社 (COMPESA) の 1995-1999 年の上下水道事業料金収入は R\$ 155.5 百万から R\$ 254.1 百万と幅があり、収支は 1995-1997 年までは概ねバランスしているが、1998 年は若干の赤字 (R\$ -27.0 百万)、1999 年は異常渇水により大幅な赤字 (R\$ -76.2 百万) を計上している。

貸借対照表によると、1995 年時点で累積赤字は R \$ 2.3 億であるが、1999 年は R \$ 3.34 億に増加しており、経営体質の改善の必要性を示している。

3 マスタープラン

3.1 基本方針

(1) 目標年 2020 年におけるレシフェ都市圏の人口、都市化地域および地域総生産は以下の値を設定した。

- 都市人口： 3,635,000 人
- 都市化地域： 364.25 .
- 州の GRDP： R\$ 650 億 (1997 年価格)、これは 1997 年の GRDP (R\$ 232.6 億) の 2.8 倍に該当する。成長率は 3.2% であり、1997 年の成長率 (2.7%) より大きい。
- 1 人当たり地域総生産 (GRDP) : R\$ 7,600 (1997 年価格、USD 4,000 相当) となる。これは 1997 年の値 (R\$ 3100:USD 1,631 相当) の 2.4 倍、国平均の 79% (1997 年は 58%) に該当する。

なお、将来の国内総生産 (GDP) および地域総生産 (GRDP) は以下の仮定のもとに推定した。

- 1) 2003 年までは、国家計画の成長率 (4.6 %) で増加する。
- 2) 2003 年以降は、成長は減速し下記の率になると仮定した。
 - 2010 年までは世銀の報告書「Global Economic Prospects 1998/99」を参考に、成長率は 4.4%とする。
 - 2011 年から 2020 年の成長率は 3.3%(以前の成長率の 3/4)とする。
- 3) 州の地域総生産(GRDP)は、1994 年から 1997 年の GRDP が GDP の 1.2 倍の成長率 (4.23 %) を示しているのを参考に、1999 年以降も GDP の伸びの 1.2 倍で増加すると仮定した。

(2) マスタープランはレシフェ都市圏の雨水排水・下水処理システム改善を図る基本的な対策計画を策定し、都市圏の衛生条件改善および都市環境回復に最も効果的な対策を F/S 対象の優先プロジェクトに選定する。

3.2 下水処理対策計画

(1) 基本条件

- 1) 基本対策は、既存下水施設（管網、ポンプ施設および下水処理施設）の復旧・拡張および新しい下水施設の建設を計画する。また、事業の円滑な実施と適切な維持管理をはかるために、事業の実施体制および維持管理体制の改善・強化を計画する。
- 2) 目標年 2020 年の人口および都市地域ならびに単位水消費量および単位汚水量は PQA 提案の値（表一1,一2）を採用する。計画対象地域は、社会階層の構成により 4 管理区域に分類され、単位水消費量および単位汚水量は、管理区域毎に設定されている（日当り水消費量：100-200 l/日人，汚水量：80-160 l/日人）。
- 3) 既存下水施設の復旧は、PQA が提案した復旧計画を見直し、各施設が計画時の機能を回復するように計画する。
- 4) 大規模工場廃水（排水量 500m³/月以上）は都市下水から分離する。

(2) 下水施設計画

- 1) 下水処理区は、PQA がレシフェ都市圏の下水計画に選定した 86 下水処理区を下記条件を基に見直し検討し、マスタープランは 55 下水処理区を選定した。

- 下水管網はあるが下水処理施設が無い処理区
- 復旧・改善が必要な既存下水処理施設がある処理区
- 低所得者の人口密度が高い処理区
- 汚濁負荷量が高い処理区
- 主要河川流域に位置している処理区

55 下水処理区の各計画諸元（人口、処理区面積、既存下水処理区、下水量、BOD/SS）は表一4に示す。なお、既存施設は、現地調査を基に PQA の復旧計画を見直し、計画を策定した。ポンプ施設および下水処理施設の復旧内容は表一5に示す。

- 2) 55 下水処理区は下記の 2 フェーズで実施する（巻頭図一II参照）。

- フェーズ1（2001-2010： 25 下水処理区
- フェーズ2（2011-2010）： 30 下水処理区

55 下水処理区の施設整備により、2020 年のレシフェ都市圏の下水道人口普及率は 91%となる。実施計画は次頁の表に示す。

55 下水システムの実施計画

River Basin	Sewerage System	2020 Population	Construction cost(1000R\$)	Phase 1										Phase 2									
				2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Rabariba	Felinhos	398,839	48,558	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Nova Descoberta	65,506	11,529	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Dois Unidos	63,495	11,790	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Aguazinha	59,005	10,882	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Caixa D'Água	35,305	11,340	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Capibaribe	Camanga	304,394	30,376	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Cordéiro	100,048	17,128	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Camaraçibe/Recife 1	61,043	20,424	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	São Lourenço 1	45,783	18,301	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Caxangá	37,326	12,733	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Roda de Fogo	27,810	2,149	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	São Lourenço 2	33,288	16,064	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Camaraçibe 3	30,238	13,395	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Camaraçibe 2	26,107	6,556	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Parque Capibaribe	23,475	2,061	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Camaraçibe 1	24,870	7,830	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Camaraçibe/Recife 2	16,477	5,939	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Vila Burity	11,397	1,654	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Apipicós	10,339	3,970	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Boasaca	5,025	3,420	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Jaboatão	Prazeres	233,403	44,768	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Curcuma	123,636	26,570	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Jaboatão 2	56,231	22,163	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Barra de Cima	51,984	7,119	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Comportas	49,970	13,794	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Jaboatão 1	45,472	9,543	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Jaboatão 3	36,974	13,027	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Fonte dos Cavalhos	24,265	3,955	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Morroco 1	18,792	6,532	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Morroco 2	6,435	1,342	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Morroco 3	3,465	1,929	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Tapijio	Boa Viagem	159,314	37,145	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Jardim São Paulo	56,101	16,932	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Imbrubeira	56,497	11,160	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Mangueira	42,642	4,050	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Barra de Baixo	179,179	32,217	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Carado	18,626	1,049	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Vila dos Milagres	14,289	122	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	27 de Novembro	9,369	1,158	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Ignês Andrezza	6,579	1,038	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Timbo	Janga	316,075	47,192	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Conceição	62,445	17,688	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Castês	60,779	4,647	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Matirio	6,380	683	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Other Basin	Paulista	68,930	11,191	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Igarassu 2	50,251	17,772	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Miracim	34,009	3,296	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Parque Pirapama	32,794	3,288	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Jardim Paulista	24,851	1,298	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Ipojuca - Sede	17,856	3,239	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Characquiaba	15,096	3,101	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Itapissuma 1	10,679	3,339	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Itapissuma 2	10,416	2,818	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Nova Cruz	5,244	2,231	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Praia Porto de Galinhas	3,705	2,027	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			

Note: Preparation ■■■■■■■■■■
 Execution ■■■■■■■■■■
 O&M ■■■■■■■■■■

3.3 雨水排水施設整備計画

- (1) レシフェ都市圏の水害地域はオリンダ、レシフェおよびジャボアタンの各市に分布している。主に内水による水害であり浸水は概ね小規模である（(図—5参照)）。
- (2) 雨水排水施設整備計画は PQA の計画降雨（20 年確率）を適用する。レシフェ都市圏の小河川および主要排水路は、水路沿いの不法占拠家屋を撤去すれば、十分な水路幅員は確保でき、計画降雨規模は 10-20 年生起確率降雨規模の計画降雨適用は可能である。
- (3) 計画潮位は雨季（3 月—8 月）の最高潮位 1.36m（2.50m—1.14m）を低位の境界条件にすることを提案する。なお、観測最高潮位は 1.68m（2.82m—1.14m）である。

ルシフェ港の潮位計の基準標高： マイナス 1.14m

河川の洪水位は排水路の排水条件となるので、排水計画上の河川の洪水位は堤防標高 -0.5 m と推定する。

- (4) 水文・河川の基礎資料整備を進め、将来の主要河川の洪水対策・雨水排水計画を策定する。

レシフェ都市圏は降雨観測所が 30 箇所あるが、観測データは日雨量のみである。より正確な計画排水量を算定するには、短時間雨量（10 分、30 分、60 分、120 分）の観測データが必要となる。今後、自記雨量計を設置、短時間降雨観測を開始し、将来、計画降雨を見直す必要がある。また、恒久的なレシフェ都市圏排水計画を策定するためには、RMR 中心部を流れるベベリーベ川、カピバリーベ川、ジャボアタン川等の水位観測、縦横断面測量を実施し、基礎資料の整備が必要である。

- (5) 排水路の計画流量は PQA の計画排水量を適用する。他の河川および水路については、必要に応じて排水流域一流出量（20 年確率）の関係を示すカーブを使用する。小規模排水（路面および小排水区）については、PQA に記載されている標準排水または標準設計を適用する。

- (6) 雨水排水計画のプロジェクトは PQA の排水計画を見直し、レシフェ、ジャボアタン、オリンダ各市の排水改良計画を以下に示す。

レシフェ市： 洪水危険地域 15箇所

- 2開水路の護岸 (950 m)
- 水路の清掃 (200 m)
- 新設カルヴァート・管渠 (450 m)
- 路面排水、舗装、マンホール新設

ジャボアタン市：洪水危険地域 4箇所

- 3開水路の護岸 (3,500 m)
- 水路の清掃 (2,800 m)
- 新設カルヴァート・管渠 (550 m)、清掃 (700 m)、復旧 (80 m)
- 路面排水、舗装、マンホール新設

オリンダ市： 洪水危険地域 3箇所

- 2開水路の護岸 (1,800 m)
- 水路の清掃 (400 m)
- カルヴァート・管渠：清掃 (1,500 m)、復旧 (150 m)
- 路面排水、舗装、マンホール新設

3.4 事業費

- (1) 下水事業費は直接費および間接費で構成する。直接費は下水工事費（下水管渠工事、ポンプ場施設工事、下水処理施設工事）、復旧費（下水管渠復旧工事、ポンプ場施設復旧工事、下水処理施設復旧工事）および用地費（下水処理場用地）、間接費は事務費、技術費および予備費からなる。

下水事業費の事業費はR\$ 852.7百万（471億円相当）、内訳は下表に示す。

下水プロジェクトの事業費

(単位: R\$百万)

項目	フェーズ 1	フェーズ 2	合計
1 直接費			
1) 工事費/復旧費	504.7	129.8	634.5
2) 用地費	23.6	4.1	27.7
小計	528.3	133.9	662.2
2 間接費			
1) 事務費	50.5	13.0	63.5
2) 技術費	50.5	13.0	63.5
3) 予備費	50.5	13.0	63.5
小計	151.5	39.0	190.5
合計	679.8	172.9	852.7

備考:

- 1 1999年11月の価格を用いる、換算レートはR\$ 1.90=US\$ 1.00 =¥105.00、
- 2 間接費の内訳:
 - 1) 事務費: 直接工事費の10%
 - 2) 技術費: 直接工事費の10%
 - 3) 予備費: 直接工事費の10%

(2) 雨水排水事業の事業費は R\$ 5 百万 (2.8 億円相当)、内訳は下表に示す。

雨水排水プロジェクトの事業費

(単位：R\$ 百万)

項目	フェーズ 1
1 直接費	
1) レシフェ市工事	0.81
2) オリンダ市工事	1.03
3) ジャボアタン市工事	2.34
小計	4.18
2 間接費	
1) 事務費	0.42
2) 予備費	0.42
小計	0.84
合計	5.02

備考：換算レートおよび事業費の構成は下水事業と

(3) 維持管理 (O&M) 費用は下記のように推定する：

- 1) 下水プロジェクトの年 O&M 費用は直接工事費の 7%、44 百万リアル (24.3 億相当) を計上した。
- 2) 雨水排水プロジェクトの年 O&M 費用は直接工事費の 2%、0.083 百万リアル (4.5 百万円) を計上した。

3.5 事業評価

- (1) 提案の下水事業は技術、財務、経済、社会および環境面から評価する。技術評価は事業による汚濁負荷量の削減量の多寡により行い、財務および経済評価はブラジルにおいて世銀、米州開銀の資金援助および他の国際機関による融資事業で通常用いられる方法で実施する。主要評価指標は内部収益率 (IRR)、補助評価指標として現在価値 (NPV) および費用・便益率 (B/C) とする。また、社会および環境評価については、主に貧困地域の生活環境改善の多寡、事業実施による環境上の影響の有無について検討した。なお「ブ」国の資本機会費用は 10-12%と推定されるが、同地域の国際機関プロジェクト情報を基に割引率は 12%に設定した。
- (2) 財務分析は事業費と収入の市場価格を基に行った。下水事業の収入は衛生公社 (COMPESA) による下水処理量および下水の処理率から求めた。マスタープランの段階では、提案下水事業の財務上の妥当性は主に財務内部収益率 (FIRR) により評価した。
- (3) 提案下水事業の財務分析指標は計算の結果、下表に示すように FIRR: 6.1%、B/C: 0.58、NPV: R\$-225 である。

財務分析指標

評価対象流域名	FIRR (%)	B/C ^{*1}	NPV ^{*1} (R\$ Million)
全流域	6.1	0.58	-225
1. カピバリーベ川流域	6.9	0.68	-42
2. ベベリーベ川流域	7.4	0.70	-27
3. ジャボアタン川流域	4.7	0.51	-66
4. テジピオ川流域	5.8	0.58	-41
5. テインボ川流域	8.3	0.74	-18
6. その他河川流域	7.2	0.71	-9

備考：割引率：12%（「ブ」国の資本機会費用）

- 提案下水事業の FIRR の値は 6.1%と低い値を示しているが、金利 6.1%以下の資金調達により財務上、事業実施は問題無い。
- 料金収入により FIRR12%以上を期待するには、現在の下水料金を 73%値上げする必要がある。現在の経済状況では、利用者は料金値上げに難色を示す可能性があるが、将来、経済発展により生活状況が改善されれば、可能と判断する。
- 初期投資資金の 53%を補助金で賄うことが出来れば、FIRR12%以上を期待することができる。

- (4) 提案の下水事業の経済評価は、国家経済上、社会投資の妥当性を経済的見地から評価する。経済便益は、下記の条件および仮定により、事業便益の財務価値を経済価値に換算する。
- 経済費用はローカル分については財務費用のおおよそ 94%と仮定した。このレートは標準転換価値 (Standard Conversion Factor: SCF) と呼ばれている。
 - 熟練労働者のシャドウ賃金は 1.0 に設定する。他方、非熟練労働者は、事業に関連した報告書を参考に、法定賃金の 0.5 と仮定した。
 - 現在、レシフェ都市圏では下水事業に収用される土地の大半は生産活動に利用されていない。従って、この経済評価では、土地の価値はゼロと評価した。
- (5) 事業便益は数量化または有形のものと、非数量化または無形のものとがある。この調査では経済評価の事業便益として、下記の 3 つの有形便益を選定した。
- 住民が個別に実施している下水処理施設設置費用減少による便益
 - 生活環境改善に伴う医療費の減少および病欠による収入のロス減少による便益
 - 環境改善による観光資源維持による観光業後退の防止による便益
- (6) 提案下水事業の経済分析指標は計算の結果、下表に示すように EIRR:14.4 %、B/C: 1.18、NPV : R\$ 90 である。

経済分析指標

評価対象河川流域	EIRR	B/C ¹	NPV ¹ (R\$ Million)
全流域	14.4%	1.18	90
1. カピバリーベ川流域	14.4%	1.16	18
2. ベベリーベ川流域	18.9%	1.56	47
3. ジャポアタン川流域	13.0%	1.08	10
4. テジピオ川流域	11.2%	0.94	-5
5. テインボ川流域	18.7%	1.54	34
6. その他河川流域	3.7%	0.56	-13

備考：割引率：12%

全流域の EIRR の値は 14.4 %を示し経済上の妥当性を示している。主要河川流域のうち、テジピオ川流域下水事業は EIRR の値が 12.0%より若干低いが、他の主要河川流域下水事業は高い値を示している。主要河川流域以外の下水事業は、低い値を示している。

- (7) 下水事業を含め、建設事業実施は建設セクターおよび建設関連セクター、地域経済を刺激する。一般に、建設事業は、国家経済および地域経済に、事業費の 1.5-2.0 倍の経済効果を誘導する。この事業が雇用機会を増やし、事業投資が地域の失業者や低賃金雇用者に新しい雇用機会を生み出す。この効果により州の地域経済活性化が期待できる。
- (8) 各河川流域の総合評価は下記の指標を基に実施した。

—緊急性：	総汚濁負荷量
—技術評価：	汚濁負荷量の削減量
—財務・経済評価：	財務内部収益率(FIRR)/経済内部収益率 (EIRR) 指標
—社会環境効果：	サービス人口および貧困地域のサービス人口

提案の事業は技術、財務、経済、社会および環境上大きな効果がある。事業の実施により、下記の効果が期待される。

- 2020 年までに、下水のサービス地域が 8,516 ha から 29,985 ha に拡大し、下水道人口普及率は現在 20%以下の水準から約 90%に上昇する。その結果、レシフェ都市圏 (RMR) の生活環境および衛生条件が大幅に改善される。
- 財務評価指標 FIRR は 12 %より低い値 6.1%は示しているが、州政府が 6.1%より低い金利の資金を調達できれば、財務上は実施可能である。事業主体の財務条件は、下水料金の値上げおよび政府資金の投入により、更に改善される。
- 経済評価指標 EIRR の値は 14.4%を示し、地域経済上は高い効果を示している。
- この下水事業は貧困地域の 885,000 人の下水施設整備により、貧困地域の衛生条件・生活条件が改善される。
- 主要 5 河川流域 (カピバリーベ、ベベリーベ、ジャボアタン、テジピオオおよびティンボ) の優先性が高い。

総合評価の結果は次頁の表に示す

各河川の総合評価

河川流域	流域内発生 BOD 負荷量 (kg/day)	基本的条件				緊急性		技術評価		経済評価		財務評価		社会環境影響評価		総合評価	
	Percentage (% of the total Load	対象面積 (ha)	計画人口 (2020年)	M/PのBOD 削減量 (kg/day)	工事費 (RS 1000)	流域のBOD 負荷 量の多寡		BOD 負荷量の削減量 (kg/day)		下水事業の EIRR 値		下水事業の FIRR 値		計画下水処理人口 (内貧困地域の人口)			
カピパリーベ	43,839 (22.2 %)	9,265	790,709	41,815	161,999	極めて 緊急性高い	A	極めて 効果が高い	A	14.4%	A	6.9%	A	757,620 (185,568)	A	Very effective	A
ベベリ-ベ	34,209 (17.4 %)	4,586	640,041	29,814	94,099	緊急性高い	B +	効果が高い	B +	18.9%	A	7.4%	A	622,150 (332,152)	A	Very Effective	A
ジャボアタン	35,139 (17.8 %)	5,445	650,726	35,139	149,743	極めて緊急 性が高い	A	極めて 効果が高い	A	13.0%	A	4.7%	B	650,726 (187,095)	A	Very effective	A
テジピオ	30,366 (15.4 %)	4,629	561,128	29,366	104,871	緊急性が高い	B	効果が高い	B	11.2%	B	5.8%	A	542,596 (179,475)	A	Effective	B+
テインボ	25,874 (13.1 %)	5,077	478,766	24,088	71,209	緊急性が高い	B	効果が高い	B	18.7%	A	8.3%	A	445,679 (Non)	C	Effective	B
その他流域	27,681 (14.0 %)	7,423	51,259	14,786	53,599	相対的に緊急 性は低い	C	相対的効果は 低い	C	3.7%	C	7.2%	A	273,831 (902)	C	Less effective	C
全流域 (M/P)	197,108 (100 %)	36,425	3,633,960	178,438	634,520	極めて緊急 性が高い	A	極めて 効果が高い	A	14.4%	A	6.1%	A	3,292,602 (885,192)	A	Very effective	A

評価基準

評価項目	A	B	C
技術評価	Above 10,000kg/day	10,000~5,000 kg/day	Below 5,000 kg/
経済評価	Above 12%	12% - 10%	Below 10%
財務評価	Above 5%	5% - 2%	Below 2%
社会環境評価	Very high	High	Low

3.6 初期環境評価 (IEE)

- (1) 環境院 (CPRH) の環境影響評価マニュアル (1998 年) および JICA の環境ガイドラインによると、プロジェクトの初期環境評価では「自然条件」、「生態への影響」、「社会経済への影響」を包含している。選定した優先プロジェクトについて、既存の資料を基礎に初期環境評価 (IEE) を実施した。
- (2) 当下水事業の実施は大気の質、水理条件、生態および水質に対し顕著な負の影響はないものと判断されたが、下記について事業実施に伴う影響を確認する必要であり、F/S 段階にて EIA を行った。
 - 下水処理施設が周辺の住民に与える悪臭の影響
 - 下水処理水が河川生態に与える負の影響
 - 建設工事が生態に与える負の影響

3.7 実施組織

- (1) 提案事業は多くの計画要素で構成している。事業実施には、各関連機関・組織との調整、事業資金を調達、連邦政府および国際機関との交渉に当たる指導機関が必要となる。
- (2) 事業実施の指導的機関としては州政府の社会開発企画局 (SEPLANDES) が適切である。社会開発企画局 (SEPLANDES) は事業実施に当って事業管理組織 (PMU) を設立すべきである。また、事業管理組織 (PMU) は関連機関の代表者を構成員とする調整委員会を設置する必要がある。関連機関は、本計画調査と同様に、社会開発企画局 (SEPLANDES)、公共インフラ局 (SEIN)、水資源局 (SRH)、衛生公社 (COMPESA)、開発企画院 (CONDEPE)、都市圏地域開発機関 (FIDEM)、科学技術研究院 (ITEP) および環境院 (CPRH) とする。

3.8 優先プロジェクトの選定

F/S 対象の優先プロジェクトは、都市環境の回復をはかるために、主要河川流域の下水事業から選定する。都市環境改善を図るには、主要5河川流域の汚濁負荷量の削減と、既存下水施設の復旧とが不可欠となる。

優先プロジェクトは、主要河川流域の各下水処理区について、既存下水施設の復旧および新設下水施設の効果について検討の結果、主要河川流域の汚濁負荷量削減効果が高いと認められる下記の7下水処理区を選定した（巻頭図—III参照）。

優先プロジェクト

下水処理区	河川流域	自治体	下水処理人口
1 コンセイソン	テインボ	ポーリスタ	62,400
2 ジャンガ	テインボ	ポーリスタ	322,450
3 カバンガ	カピバリーベ	レシフェ	306,690
4 コルデイロ	カピバリーベ	レシフェ	157,010
5 ポア ヴィアジェン	テジピオ	レシフェ	109,230
6 プラゼレス	ジャボアタン	ジャボアタン	233,400
7 クルクラーナ	ジャボアタン	ジャボアタン	150,160
			計 1,341,380

なお、主要河川のうちベベリーベ川流域は、既に世銀資金による PRO-METROPOLE での実施が予定されており、下水施設整備も含まれているので、優先プロジェクトの対象から除外した。

優先下水処理区の技術評価の結果は次頁の表に示す。

優先プロジェクトの基礎情報

下水処理区	河川流域	流域内発生 BOD 負荷量 (kg/day) (RMR 全体の BOD 負荷量に対する率)	基本条件				緊急性		技術的評価		社会環境影響評価		施設建設の影響		計画評価	
			面積 (ha)	人口 (2020年)	BOD 負荷量 (kg/day)	工事費 (1,000R\$)	河川流域および位置		BOD 負荷量の削減量 (kg/day) および削減率 (%)		下水処理人口および地区内の貧困地域の下水処理人口					
コンセイソン	ティンボ	25,874 (13.1%)	710	62,445	3,372	23,779	緊急性が高い	B	BOD 削減量: 3,035 kg/day, 削減率:14%	C	下水処理人口:62,445 人 貧困地域の下水処理人口: 不明	C	環境影響は明らかでないが、 環境上重要な影響はないと推定する	B	効果が高い	B
ジャンガ	ティンボ	25,874 (13.1%)	2,879	316,075	17,078	63,443	極めて 緊急性が高い	A	BOD 削減量: 15,370 kg/day, 削減率: 71%	A	下水処理人口:316,075 人 貧困地域の下水処理人口: 不明	A	重要な環境影響はないと推定する	A	極めて 効果が高い	A
カバンガ	カビンバリーベ	43,839 (22.2%)	2,260	304,394	17,319	40,836	極めて 緊急性が高い	A	BOD 削減量: 15,587 kg/day, 削減率: 41%	A	下水処理人口:304,394 人, 貧困地域の下水処理人口: 67,116 人(22%)	A	重要な環境影響はないと推定する	A	極めて 効果が高い	A
ボア ヴィアジェン	テジピオ	30,366 (15.4%)	1,281	159,314	8,649	49,936	極めて 緊急性が高い	A	BOD 削減量: 7,784 kg/day, 削減率:29%	B	下水処理人口:159,314 人, 貧困地域の下水処理人口: 32,932 人 (21%)	A	周辺の住宅地域若干影響が 推察されるに S	C	極めて 効果が高い	A-
コルデイロ	カビンバリーベ	43,839 (22.2%)	675	100,048	5,403	23,026	緊急性が高い	B	BOD 削減量: 4,862 kg/day, 削減率: 13%	C	下水処理人口 100,048 人 貧困地域の下水処理人口: 29,215 人 (29%)	B+	周辺の住宅地域若干影響が 推察されるに S	C	効果が高い	B+
ブラゼレス	ジャボアタン	35,139 (17.8%)	1,548	233,403	12,604	60,185	極めて 緊急性が高い	A	BOD 削減量: 11,343 kg/day, 削減率: 36%	A	下水処理人口:233,403 人, 貧困地域の下水処理人口: 104,196 人(44%)	A	環境影響は明らかでないが、 環境上重要な影響はないと推定する	B	効果が高い	B
クルクラーナ	ジャボアタン	35,139 (17.8%)	910	123,636	6,676	35,720	緊急性が高い	B	BOD 削減量: 6,008 kg/day, 削減率:19%	B	下水処理人口:123,636 人, 貧困地域の下水処理人口: :19,135 人 (15%)	B-	重要な環境影響はないと推定する	A	効果が高い	B-

評価基準

評価項目	A	B	C
技術評価	10,000 kg/day 以上	10,000~5,000 kg/day	5,000 kg/day 以下
社会環境評価	極めて高い	高い	低い

3.9 実施計画

マスタープランは、2 フェーズに分け、2020 年までに完成する。事業実施に当っては事業管理組織 (PMU) を設立する。なお、事業完成後の施設の運営・維持管理は衛生公社 (COMPESA) があたる。

(1) フェーズ 1 (2001-2010)

- プロジェクト管理組織 (PMU) の設立

(下水)

- フェーズ 1 の下水事業 (25 下水処理区) の実施
- フェーズ 1 の下水事業完成後、維持管理業務の実施
- 環境教育の推進
- フェーズ 2 の下水事業 (30 下水処理区) の準備

(雨水・排水)

- RMRに自記雨量計の設置・観測、河川の基礎調査の実施
- PQA排水事業の実施
- 主要河川流域の河川改修計画の準備

(2) フェーズ 2 (2011-2020)

(下水)

- フェーズ 2 の下水事業 (30 下水処理区) の実施
- 事業完成後の維持管理業務の実施
- 環境教育の推進

(雨水・排水)

- 設計条件の確立
- 主要河川の河川改修計画および排水計画の策定

4 優先プロジェクトの F/S

4.1 下水処理計画

(1) 計画対象区域の確定

優先プロジェクトに選定した各下水処理区を見直した結果、隣接する既存下水管網の接続状況（カバンガ処理区、コルデイロ処理区）およびオリンダ市、ジャボアタン市、各自治体の土地利用計画を考慮し、隣接処理区の一部を計画対象処理区域に加えた結果、F/S 対象計画面積および計画人口は若干増加した。計画規模は下記に示す。

	計画面積	計画人口
M/P :	10,263 ha	1,299,300
F/S :	12,464 ha	1,341,380

(2) 下水処理施設計画

下水処理施設計画の方針および計画条件は概ねマスタープランを基本にしている。各下水処理区の施設計画は都市圏地域開発機関（FIDEM）が作成した地形図（1:10,000）を基に策定した。

下水処理施設の計画概要は以下に示す。

- 幹線下水路： 125.4km（管渠：69.9 km、圧力管：46.9 km、復旧：8.6 km）、
- ポンプ場： 81ヶ所（復旧：38ヶ所、新設：43ヶ所）
- 下水処理場： 7ヶ所（復旧・拡張：2ヶ所、新設：5ヶ所）

- － 1 下水管渠は主に建設用地取得が不必要な道路敷に計画した。なお、新設の主要圧送ポンプ場用地は、州政府および関係各市の関係者と現地確認を実施した。
- － 2 下水処理場はマスタープランで提案した下水処理施設計画用地を基本に計画した。なお、下水処理場用地は州政府および関係各市と現地確認後に現地補足実測調査（測量・土質、環境調査）を実施した。
- － 3 下水処理施設は2次処理施設、滅菌施設および汚泥処理施設を計画した。

各処理区の計画諸元および施設計画概要は次頁に示す：

優先プロジェクトの計画諸元

計画項目		コンセイソン	ジャンガ	カバンガ	ボア ヴィア ジェン	コル デイロ	ブラ ゼレス	クル クラナ	合 計
計画面積	(ha)	853	3,954	2,671	1,203	1,054	1,570	1,160	12,465
計画人口	(person)	62,440	322,450	306,690	157,010	109,230	233,400	150,160	1,341,380
日平均 下水量	(m ³ /day)	13,135	64,464	57,381	27,087	19,308	32,677	24,795	238,847
日最大 下水量	(m ³ /day)	14,900	73,585	66,374	31,337	22,245	38,218	28,762	275,421
時間最大 下水量	(m ³ /day)	20,508	102,382	93,791	44,408	31,091	53,936	40,638	386,754
流入下水 BOD	(mg/l)	257	270	304	315	305	386	327	—
流入下水 SS	(mg/l)	285	300	338	350	339	429	363	—

優先プロジェクトの下水施設計画概要

施設			コン セイソン	ジャン ガ	カバン ガ	ボア ヴィア ジェン	コル デイロ	ブラ ゼレス	クル クラナ	合 計	
下水 施設	管渠 (km)	幹線	自然流下式 下水道	6.5	11.9	2.5	15.9	8.7	13.9	10.5	69.9
			圧力式 下水道	1.7	16.8	6.8	4.5	2.1	7.5	7.5	46.9
			復旧(既設 下水道)	0	3.6	3.2	0	0	1.8	0	8.6
			計	82	32.3	12.5	20.4	10.8	23.2	18	125.4
	側道及び枝線管渠		110.9	426.4	188.2	168.4	132.3	215.9	157	1399.1	
	ポンプ場 (ヶ所)	新規建設	4	5	6	5	6	5	12	43	
		ポンプ施設復旧	1	13	20	0	2	2	0	38	
		合計	5	18	26	5	8	7	12	81	
	下水処理場(ヶ所)		1	1	1	1	1	1	1	7	

4.2 管渠・ポンプ施設計画

(1) 図一7 から 13 に示す下水管網計画に基づき、幹線下水路について予備設計を行う。各幹線下水の管渠施設規模およびポンプ施設規模は表一6 および表一7 に示す。

- コンセイソン下水処理区 (図一7)
- ジャンガ下水処理区 (図一8)
- カバンガ下水処理区 (図一9)
- ボアヴィアジェン下水処理区 (図一10)
- コルデイロ下水処理区 (図一11)
- プラゼレス下水処理区 (図一12)
- クルクラナ下水処理区 (図一13)

(2) 計画対象の下水処理区には既設下水管網地域が 2,958ha あり、ポンプ場が多数存在しているが、維持管理の不足により、復旧が必要な施設が多数ある。

(3) 既存管渠は自然流下式下水道および圧力式下水道があるが、一部の管渠は通水断面不足により布設替えが必要となる。布設替えの必要な圧力管(φ200, φ300, φ500)の総延長は約 4.2 km である。

(4) 既存ポンプ施設は整備対象の 38 ポンプ場の復旧を計画する。

4.3 下水処理施設計画

(1) 計画対象の下水処理場 7 ケ所のうち、2 ケ所(ジャンガ下水処理場およびカバンガ下水処理場)は既存下水処理場の復旧・拡張、他の 5 ケ所は新設である(図一16 参照)。

計画の下水処理施設は 2 次処理施設、滅菌処理施設および汚泥処理施設で構成している。下水処理場 7 ケ所について、次頁に示す計画諸元(計画下水量、処理水準)をもとに施設の規模設定および配置計画を作成した。

なお、施設配置計画は図一17 から図一23 に示す。

(2) 各処理場の計画下水量、流入下水および処理水の水質は下表に示す：

処理場計画諸元

計画下水道量	単位	下水処理場						
		コンセイソン	ジャンガ	カバンガ	ボア ヴィア ジェン	コル デイロ	ブラ ゼレス	クル クラナ
2020年の下水道量								
日最大下水道量	(m ³ /d)	14,900	73,585	66,374	31,337	22,245	38,219	28,762
日平均下水道量	(m ³ /d)	13,135	64,464	57,381	27,087	19,308	32,677	24,795
時間最大下水道量	(m ³ /d)	20,508	102,382	93,791	44,408	31,091	53,937	40,638
既存下水処理施設の能力								
日最大下水道量	(m ³ /d)	-	39,200	80,000	-	-	-	-
日平均下水道量	(m ³ /d)	-	34,341	69,161	-	-	-	-
時間最大下水道量	(m ³ /d)	-	54,541	113,045	-	-	-	-
計画下水道量								
日最大下水道量	(m ³ /d)	14,900	34,385	66,374	31,337	22,245	38,219	28,762
日平均下水道量	(m ³ /d)	13,135	30,123	57,381	27,087	19,308	32,677	24,795
時間最大下水道量	(m ³ /d)	20,508	47,841	93,791	44,408	31,091	53,937	40,638

流入下水および処理水の水質

計画水質	単位	下水処理場						
		コンセイソン	ジャンガ	カバンガ	ボア ヴィア ジェン	コル デイロ	ブラ ゼレス	クル クラナ
流入下水								
BOD	(mg/l)	257	271	304	315	305	386	327
SS (浮遊物質)	(mg/l)	285	301	338	350	339	429	363
処理水								
除去率	(%)	90	90	90	90	90	90	90
BOD	(mg/l)	26	27	30	32	31	39	33
SS (浮遊物質)	(mg/l)	29	30	34	35	34	43	36

1) 下水処理

- 下水処理場用地に制限がある 2 ケ所の処理場（カバンガおよびコルデイロ）の場合は”嫌気性汚泥フラット法 + 散水ろ床”プロセスを選定した。
- 下水処理場用地が十分に取れる他の 5 ケ所の処理場（コンセイソン、ジャンガ、ポア ヴィアジェン、ブラゼレス、クルクラナ）の場合は”嫌気性汚泥フラット法 + エアーレーション ラグーン + 仕上げ池”プロセスを選定した。

嫌気性汚泥フラット法(Uplow Anaerobic Sludge Blanket Process : UASB)は汚泥や廃水を、酸素分子の無い状態分解、安定させる方法で、ブラジルでは RAFA (Retor Anaerobico de Fllux Ascendente)と呼ばれ、同国に適した下水処理方法の一つとして、各地で実施されている。最近、RMR においても、当地の環境に適した下水処理方法として、マンゲーラ処理場を始め小規模のものが若干実施されている。しかし、RAFARのBOD除去率は70%–80%と推定されており、下水処理計画は除去率90%を達成するために、他の処理プロセス（散水ろ床、ラグーン等）を組み合わせることを提案した。

2) 滅菌処理

- RMRの公共水域は大腸菌群の汚染が顕著である。大腸菌群は下水処理により、かなり除去されることが予想されるが、公共水域の環境基準を達成するには滅菌処理が必要となる。滅菌処理方式は塩素滅菌処理方式が経済的には有利だが、塩素滅菌処理は、将来、環境基準により規制される可能性を考慮し、紫外線処理を提案した。

3) 汚泥処理

- 用地に制限があるか又は人口稠密地域に位置する 3 ケ所（カバンガ、ポアヴィアジェン、コルデイロ）は機械脱水方式を選定した。
- 用地が十分ある他の 4 ケ所の処理場（コンセイソン、ジャンガ、ブラゼレス、クルクラナ）は自然乾燥方式を選定した。
- 最終処分は埋め立て方式とする。

各下水処理場の処理方式については以下の表に示す。

優先プロジェクトの下水処理方式

処理場	生物学的下水処理方式		汚泥処理方式		
	嫌気性汚泥 フラット法 + 散水ろ床	嫌気性フラット法 + エアーレーシ ョン ラグーン + 仕上げ池	汚泥消化	機械脱水	自然乾燥
コンセイソン		●			●
ジャンガ		●			●
カバンガ	●		●	●	
ボアヴィアジェン		●		●	
コルデイロ	●			●	
ブラゼレス		●			●
クルクラナ		●			●

4.4 事業費

- (1) 事業費は直接費および間接費からなり、直接費は工事費、用地費および維持管理機材費、間接費は事務費、技術費および予備費を含んでいる。事務費、技術費および予備費はそれぞれ工事費の5%、10%、15%を計上した。事業費は合計 344.5 百万リアル (210.5 億円相当) である。その内訳は以下の表に示す。

事業費

(単位：R\$ 1000)

項目	ン コ ン セ イ ソ	ジ ヤ ン ガ	カ バ ン ガ	ジ ボ ア ウ イ ア エ ン	コ ル デ イ ロ	ブ ラ ゼ レ ス	ナ ク ル ク ラ ー	合 計
I 直接費								
1 工事費								
1) 下水処理施設 工事	5,618	13,506	15,133	7,094	6,928	10,571	9,839	68,689
2) 幹線管渠工事/ ポンプ施設工事	3,452	18,009	12,605	10,060	5,714	12,131	6,483	68,454
3) 枝線管渠工事	7,065	27,168	12,027	10,765	8,414	13,798	10,040	89,277
小 計	16,135	58,683	39,765	27,919	21,056	36,500	26,362	226,420
2 用地費	3,296	48	480	24,251	1,427	14,999	1,024	45,525
3 維持管理機器費	649	711	711	649	649	649	649	4,667
II 間接費								
1 技術費	1,614	5,868	3,977	2,792	2,106	3,650	2,636	22,643
2 事務費	807	2,934	1,988	1,396	1,053	1,825	1,318	11,321
3 予備費	2,420	8,802	5,965	4,188	3,158	5,475	3,954	33,962
合 計	24,921	77,046	52,886	61,195	29,449	63,098	35,943	344,538

備考：R\$1.80=US\$1.0=¥110(2000年7月)

(1) 維持管理費

工事終了後の年間維持管理費は工事費の6%と仮定、R\$ 1,360万 (8.3 億円相当) を計上した。

(2) 工事計画

基本方針：

優先事業は2001年から7年間で完了する(実施計画参照)。

4.5 環境影響評価 (EIA)

(1) 優先プロジェクトに選定した7下水処理区の下水処理場（7ヶ所）実施に伴う環境影響について、環境院（CPRH）の環境評価ガイドラインおよび JICA の環境ガイドラインに基づいて調査した結果は以下のとおりである。

- 処理水の放流による河川水質・流況・生態に対する重要な影響はない。
- 悪臭については、カバンガ処理場以外は問題無く、カバンガ処理場についてもグリーンベルト、脱臭対策により影響の軽減が可能であり、環境上の重要な影響は認められない。
- 処理場計画地域には植物・動物の貴重種は認められない。

(2) 事業実施に当たり環境院（CPRH）から環境免許取得が必要となる。環境院（CPRH）の環境免許マニュアル（1998年）によると、この下水事業は「汚水事業（項目-4）」に該当する。事業実施に当たり、段階的に、3種類の環境免許；「予備免許（Preliminary License）」、「実施免許（Installation License）」、「操業免許（Operation License）」の取得が必要である。

4.6 事業評価

(1) 財務評価

事業の財務評価指標 EIRR の値は 7.9%である。各事業の評価指標の値は下表の通りである。

財務評価指標

評価対象処理区	FIRR	B/C ¹	NPV ¹ (R\$ Million)
1. コンセイソン	3.1%	0.47	-11.4
2. ジャンガ	9.9%	0.85	-9.2
3. カバンガ	15.0%	1.22	9.6
4. ボアヴィアジェン	4.1%	0.46	-27.3
5. コルデイロ	6.6%	0.66	-8.7
6. プラゼレス	4.9%	0.52	-24.8
7. クルクラナ	7.2%	0.68	-9.9
対象処理区全体	7.9%	0.71	-81.5

備考: 割引率: 12%.

事業全体の FIRR の値は 7.9%, B/C:0.74, NPV:R\$72.3 million である。

FIRR の値は「ブ」国の資本機会費用 12%以下であるが、金利 7.9%より低金利の資金を調達できれば実施可能である。FIRR の値を 12%以上にするには、下水道料金を 40%

上げるか、又は初期投資の36%に対し政府資金等の補助が必要である。

(2) 経済評価

事業の経済評価指標 EIRR の値は 13.1%である。各事業の評価指標の値は下表の通りである。

経済評価指標

評価対象下水処理区	EIRR	B/C ¹⁾	NPV ¹⁾ (R\$ Million)
1. コンセイソン	12.6%	1.06	0.87
2. ジャンガ	12.8%	1.07	3.67
3. カバンガ	15.5%	1.34	12.07
4. ボア ヴィアジェン	11.7%	0.97	-0.70
5. コルデイロ	10.8%	0.90	-1.98
6. プラゼレス	14.1%	1.24	7.40
7. クルクラナ	14.6%	1.25	4.90
対象下水処理区全体	13.1%	1.10	21.30

備考: 割引率: 12%.

事業全体の EIRR の値は 13.4%であり経済上の妥当性は高い。コンセイソン、ジャンガ、カバンガ、プラゼレスおよびクルクラナの 5 地区は 12%以上の値を示し、経済的妥当性は高いが、ボアヴィアジェンおよびコルデイロの 2 地区については限界的といえる。

(3) 感度分析

感度分析は予測した費用および便益について 10% 増減する場合の EIRR について検討した。その結果、EIRR の値が資本の機会費用 12 %を下回るのは下記のケースである。

- 便益が予想より 10% 減少する場合 EIRR: 11.9%
- 費用が予測より 10% 上昇、便益が予測より 10 %減少する場合 EIRR: 11.0%

感度分析結果

	費用	便益	IRR (%)	B/C	NPV (R\$Million)
1.	増減無し	-	13.1	1.1	21.3
2.		10%減少	11.9	1.0	1.2
3.		10%増加	14.3	1.2	43.8
4.	10% 増加	-	12.2	1.0	4.4
5.		10%減少	11.0	0.9	-18.1
6.		10%増加	13.3	1.1	26.9
7.	10% 減少	-	14.2	1.2	38.2
8.		10% 減少	12.9	1.1	15.7
9.		10% 増加	15.4	1.3	60.7

(4) 各処理区について、その緊急性（総汚濁負荷量）、技術評価（汚濁負荷量の削減）、財務・経済評価（FIRR/EIRR 指標）および社会環境効果（サービス人口および貧困地域のサービス人口、工事の影響）について検討の結果、提案の事業は下記のようなプラス効果が期待される：

- 2010 年までに、下水道普及地域が 8,516 ha から 12,464 ha に拡大する。下水処理率が現在の 20%以下の水準から約 37%に上昇することにより、ワシントン都市圏（RMR）の都市環境および衛生条件が改善される。
- FIRR 7.9 % は資本機会費用(12 %)より低い値を示しているが、州政府が 7.9%より低い金利の資金を調達できれば、財務上は実施可能である。事業主体の財務条件は、現行下水料金の値上げおよび政府資金等の補助が得られれば、財務条件は更に改善する。
- EIRR は 13.1%を示し、高い経済効果を示している。
- この事業は貧困地域の 324,000 人の下水施設を整備することにより、貧困地域の生活環境および衛生条件が改善される。

7 下水処理区の総合評価の結果は以下の通りである

下水処理区	評価	
コンセイソン	効果的	B-
ジャンガ	非常に効果的	A
カバンガ	非常に効果的	A
ボアヴィアジェン	効果的	B+
コルデイロ	効果的	B+
ブラゼレス	非常に効果的	A-
クルクラーナ	非常に効果的	A-

総合評価の結果は次頁の表に示す。

優先プロジェクトの総合評価

下水地区	河川流域	流域内発生 BOD 負荷量 (kg/day)	基本的条件				緊急性		技術評価		経済評価		財務評価		社会環境影響評価		建設工事の影響	総合評価		
		(RMR 全体 BOD 負荷量 に対する率)	面積 (ha)	人口 (2020年)	BOD 負荷量 (kg/day)	工事費 (1000RS)	河川流域と位置		BOD 負荷量の削減 (kg/day) および削減 率 (%)		下水事業の EIRR 値		下水事業 FIRR 値		処理区全体の下水処理人口と処理 区内の貧困地域下水処理人口					
コンセイソン	ティンボ	25,874 (13.1%)	853	62,440	3,372	16,135	緊急性が高い	B	BOD 削減量: 3,085 kg/day, 削減率: 11.7%	C	12.6%	A	3.1%	B	下水処理人口: 62,445 人 貧困地域の下水処理人口: 不明	C	環境影響は明らか でないが、環境上 重要な影響はない	B	効果が高い	B-
ジャンガ	ティンボ	25,874 (13.1%)	3,954	322,450	17,423	58,683	極めて 緊急性が高い	A	BOD 削減量: 15,681 kg/day, 削減率: 60.6%	A	12.8%	A	9.9%	A	下水処理人口: 322,450 人 貧困地域の下水処理人口: 不明	A	重要な環境影響は ない	A	非常に 効果が高い	A
カバンガ	カビバリーベ	43,839 (22.2%)	2,671	306,690	17,443	39,765	極めて 緊急性が高い	A	BOD 削減量: 15,699 kg/day, 削減率: 35.8%	A	15.5%	A	15.0%	A	下水処理人口: 306,690 人 貧困地域の下水処理人口: 72,869 人 (24%)	A	重要な環境影響は ない	A	非常に 効果が高い	A
ボア ウエアジェン	レジピオ	30,366 (15.4%)	1,203	157,010	8,525	27,919	極めて 緊急性が高い	A	BOD 削減量: 7,673 kg/day, 削減率: 25.2%	B	11.7%	B	4.1%	B	下水処理人口: 157,010 人 貧困地域の下水処理人 口: 34,008 人 (22%)	A	周辺住居地域に影 響が予想される	C	効果が高い	B+
コルテイロ	カビバリーベ	43,839 (22.2%)	1,054	109,230	5,898	21,056	緊急性が高い	B	BOD 削減量: 5,508 kg/day, 削減率: 12.1%	C	10.8%	B	6.6%	A	下水処理人口: 109,230 人 貧困地域の下水処理人口: 29,215 人 (29%)	B +	周辺住居地域に影 響が予想される	C	効果が高い	B-
ブラゼレス	ジャボアタン	35,139 (17.8%)	1,570	233,400	12,604	36,500	極めて 緊急性が高い	A	BOD 削減量: 11,344 kg/day, 削減率: 32.3%	A	14.1%	A	4.9%	B	下水処理人口: 233,403 貧困地域の下水処理人口: 138,204 人 (60%)	A	環境影響は明らか でないが、環境上 重要な影響はない	B	非常に 効果が高い	A-
クルクラナ	ジャボアタン	35,139 (17.8%)	1,160	150,160	8,108	26,362	緊急が高い	B	BOD 削減量: 7,297 kg/day, 削減率: 20.8%	B	14.5%	A	7.2%	A	下水処理人口: 150,160 貧困地域の下水処理人 口: 48,011 人 (32%)	B	重要な環境影響は ない	A	非常に 効果が高い	A-

評価基準

評価項目	A	B	C
技術評価 (BOD の削減)	10,000 kg/day 以上	10,000~5,000 kg/day	Below 5,000 kg/ 以下
経済評価 (EIRR)	12.0 % 以上	12.0 %~10.0%	Below 10.0 % 以下
財務評価 (FIRR)	5.0 % 以上	5.0 %~2.0 %	Below 2.0 %
社会環境評価	非常に効果が高い	高い	低い

4.7 実施体制

- (1) 事業実施は州政府の社会開発企画局 (SEPLANDES) が指導的機関として、事業の実施を進め、事業実施機関として事業管理組織 (Project Management Unit: PMU) を設立する。事業管理組織 (PMU) は下記機関の代表者で構成する調整委員会を設ける。
 - 社会開発企画局 (SEPLANDES)
 - インフラ局 (SEIN)
 - 水資源局 (SRH)
 - 衛生公社 (COMPESA)
 - 開発企画院 (CONDEPE)
 - 都市圏地域開発機関 (FIDEM)
 - 科学技術研究院 (ITEP)
 - 環境院 (CPRH)
- (2) 社会開発企画局 (SEPLANDES) は、F/S 終了後、準備委員会を設立し、事業の推進にあたる。
- (3) 詳細設計開始前に事業管理組織 (PMU) を設立することが必要である。事業管理組織 (PMU) の構成員は、事業の進捗に合わせ、関連部局および関連機関から配属する。

4.8 維持管理計画

- (1) 現在、衛生公社 (COMPESA) が下水施設の運営・維持管理を管轄しているため、引き続き衛生公社が既存施設の維持管理業務にあたる。事業完成後に必要な衛生公社 (COMPESA) の O&M 体制については、フェーズ 1 の事業実施中に強化・整備する。

衛生公社 (COMPESA) は首都圏下水管理機関 (GME) を中心に維持管理体制を強化・整備する。現在の GME は技術スタッフは 20 人規模 (上級技師: 6 人、専門技術者: 14 人) だが、優先プロジェクトが操業に入る 2008 年時点では 86 人規模 (上級技師: 21 人、専門技術者: 65 人) が必要となる。

O&M 技術者トレーニング 計画

技術者の種類 及び専門分野	フェーズ 1										Total
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
上級技術者											
管渠施設担当	-	-	-	-	1	4	2	-	-	-	7
処理施設担当	-	-	-	-	3	7	4	-	-	-	14
小計	-	-	-	-	4	11	6	-	-	-	21
専門技術者											
管渠施設担当	3	3	-	-	1	4	3	-	-	-	14
処理施設担当	-	-	-	-	3	14	15	11	-	-	51
小計	3	3	-	-	4	15	18	11	-	-	65
合計	3	3	-	-	8	26	24	11	-	-	86

- (2) O&M 組織整備に必要な人材は衛生公社 (COMPESA) の管理部 (Operation Department) の人材を中心に、人材育成計画を進める。
- (3) O&M 実施に必要な基礎資料・情報を早急に整備する。衛生公社 (COMPESA) は、既存施設の調査を進め、現在進めている既存施設のデータ整備を早急に完成させることが必要である。
- (4) O&M 実施 (監視、調査、維持作業等) が必要となる下記の機器を整備する。
- トラック： 9台
 - 軽トラック： 9台
 - 高圧洗浄車： 7台
 - バキューム車： 7台
 - ダンプトラック： 9台
 - TVカメラセット： 7台

4.9 実施計画

- 1) 実施機関は社会開発企画局 (SEPLANDES) を責任機関とし、事業の実施に当たっては、事前に事業管理組織 (PMU) を設立する。
- 2) 詳細設計業務 (含む入札書類の作成業務)、建設工事の施工監理業務については、コンサルタントを契約し、実施することが想定される。
- 3) 建設工事は入札書で設定したエ区毎にコントラクターを選定し、実施する。
- 4) 人材養成は On-the-Job Training を基本に、詳細設計および施工監理を通じて技術移転をはかる。O & M 作業に不可欠な施設台帳等は、事前に詳細設計業務段階に整備する。下水処理施設、ポンプ施設、管渠施設に係る O&M に関しては施工監理段階で実施する。
- 5) 事業の実実施計画および事業資金支出計画は次頁に示す。

優先プロジェクトの実施計画

下水処理区	作業項目	フェーズ 1									
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
コンセイソン	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務										
ジャンガ	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
カバンガ	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
ポアヴィアジェン	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務										
コルデイロ	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務										
プラゼレス	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務										
クルクラナ	準備作業/資金調達										
	詳細設計/入札業務										
	工事・施工監理業務										
	維持管理業務										

優先プロジェクト資金支出計画表 (単位: R\$ 1,000)

処理システム	事業費	期 間					
		2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
コンセイソン	24,921	3,344	2,294	4,500	8,167	6,616	—
ジャンガ	77,046	5,796	1,980	11,639	20,807	20,807	16,017
カバンガ	52,886	4,152	1,566	9,037	9,037	16,401	12,693
ポアヴィアジェン	61,195	14,872	13,055	5,537	9,900	9,900	7,931
コルデイロ	29,449	2,924	1,555	5,874	10,659	8,437	—
プラゼレス	63,098	11,092	8,716	7,240	12,941	12,941	10,168
クルクラナ	35,943	3,277	1,566	7,354	13,346	10,400	—
合計	344,538	45,457	30,732	51,181	84,857	85,502	46,809

5 結論と勧告

レシフェ都市圏は河川・排水路の水質汚濁が進み、都市環境、特に水環境の荒廃が進んでおり、都市圏の都市環境・水環境の回復は同地域の緊急課題となっている。

都市圏の水環境改善を図るには、主要河川流域の下水施設整備を優先的に進め、流域の汚濁負荷量を段階的に削減していくことが肝要である。

提案の下水施設計画は技術、財務、経済、社会および環境上妥当である。州政府はマスタープランの早期実施を図り、レシフェ都市圏の水環境改善を進め、環境問題を軽減することが必要である。州政府は下記項目の実施について速やかに対応することを提言する：

- (1) レシフェ都市圏の都市環境の早期回復を図るためには、マスタープラン フェーズ 1 の下水施設の実施を進める。特に優先プロジェクトに選定した7下水処理区の下水施設の早急な実施をはかる。
- (2) PQA が作成・提案した都市圏の雨水・排水計画は技術的に妥当と判断されるため、下水処理計画同様に早期実施をはかる。
- (3) 優先プロジェクトを含めたマスタープランをスムーズに推進するために、本件調査終了後、社会開発企画局 (SEPLANDES) は責任機関として関連機関と調整をはかり、直ちに準備委員会を組織して、事業実施前に事業管理組織 (PMU) を設立する。
- (4) 衛生公社 (COMPESA) は維持管理体制の整備に向けて、既存施設の維持管理を推進する。同時に既存下水施設の実態調査およびデータ整備を進める。
- (5) コンドミニア型下水システムを成功させるために、州政府および衛生公社 (COMPESA) はコンドミニアシステムの計画、実施および維持管理の各段階を通じて、組織的支援を含め、継続的に住民指導を実施する。
- (6) レシフェ都市圏の雨水排水、洪水対策を進めるためには、基礎データである短時間降雨観測および主要河川の縦横断面、水位データの整備が必要である。このため自記雨量計の設置・観測および主要河川の縦横断面、水位データ整備を実施する。

表

表－1 人口及び市街地面積（1977と2020年）

Municipality	Type	Population			Urban Area(km ²)	
		1997	2010	2020	1997	2020
Itamaraca		11,826	17,808	24,639	6.3	12.56
Itapissuma		16,504	21,692	26,031	1.75	2.48
Aracoiaba		10,289	13,008	15,007	0.83	1.18
Moreno		32,162	32,973	33,638	4.16	4.33
Cabo		128,360	159,936	186,896	11.87	15.75
Ipojuca		31,605	44,493	55,472	8.86	11.01
Igarassu		54,874	79,165	104,140	12.36	17.61
Abreu e Lima		73,113	77,827	80,835	10.94	11.84
Paulista		234,144	292,896	337,248	30.89	38.32
Sao Lourenco de Mata		80,358	94,632	107,044	16.78	21.25
Camaragibe	Formal 1	78,342	97,966	112,912	21.03	27.11
	ZEIS-2	35,280	44,118	50,848	1.99	2.01
	Sub-total	113,622	142,084	163,760	23.02	29.12
Jaboatao	Formal 1	257,088	305,783	340,460	33.92	43.69
	Formal 2	33,300	39,607	44,099	1.12	1.13
	ZEIS-3	175,320	208,527	232,175	9.79	9.89
	Sub-total	465,708	553,918	616,734	44.82	54.71
Olinda		350,999	367,041	377,825	26.42	26.48
Recife	ZEIS	593,830	629,970	661,204	32.56	32.56
	Formal	761,987	816,905	844,567	85.05	85.05
	Sub-total	1,355,817	1,446,875	1,505,771	117.61	117.61
Total RMR		2,959,381	3,344,348	3,635,040	316.61	364.25

Sources:PQA

表-2 計画水使用量と計画汚水量

ELO District (LINK) (Management District of COMPESA)	Wastewater Discharge (liter/capita)			Daily Water Consumption (liter/capita)
	Daily average	Daily maximum	Hourly maximum	
Cabanga, Alto do Céu, Aurora, Dois Irmãos, Prazeres, Pau Amarelo e Olinda	160	190	285	200
Jangadinha, Ipojuca, Nossa Senhora do Ó, Camela, Ponte dos Carvalhos, Pontezinha, Cabo, Abreu e Lima, Igarassú, Cruz de Rebouças, Nova Cruz, Itamaracá, Paulista, Peixinhos e São Lourenço da Mata	125	150	225	155
Ibura, Jenipapo, Jordão, Jaboatão, Moreno, Bonança, Vera Cruz, Caetés, Itapissuma e Camaragibe, Navarro, Paratibe, Jardim Paulista, Maranguape II, Araçoiaba, Cidade Tabajara, Nossa Senhora da Luz	110	130	195	140
ZEIS and Informal Areas	80	100	150	100

Sources:PQA

表-3 レシフエ都市圏の発生汚濁負荷量

River Basin	Population (1997)	Generated Pollution Load (kg/day)	Population with Sewerage	Load (1) (kg/day)	Population without Sewerage	Load (2) (kg/day)	Total Load (1)+(2) (kg/day)	Rate of Pollution Runoff
Beberibe	576,643	31,268	120,368	662	456,275	21,541	22,203	0.71
Botafogo	7,221	390	0	0	7,221	234	234	0.60
Capibaribe	667,933	37,209	28,208	275	639,725	24,701	24,976	0.67
Igarassu	67,966	3,670	1,297	18	66,669	2,160	2,178	0.59
Ipojuca	58,621	3,166	0	0	58,621	1,899	1,899	0.60
Jaboatão	501,382	27,075	3,008	32	498,374	20,226	20,259	0.75
Jagaribe	8,269	447	0	0	8,269	268	268	0.60
Paratibe	98,797	5,335	21,151	228	77,646	2,535	2,764	0.52
Pirapama	84,313	4,553	11,037	119	73,276	2,374	2,493	0.55
Tejipio	493,273	26,824	13,906	75	479,367	19,585	19,660	0.73
Timbo	387,628	20,953	118,747	642	268,881	8,712	9,354	0.45
Total	2,952,046	160,889	317,722	2,052	2,634,324	104,237	106,288	0.66

- Note:
- Population number in the urban area in 1997.
 - Generated pollution load:
Unit BOD load (54g/person/day) x population number of each river basin, which uses a converted population number for the large-scale wastewater discharges (over 500 m³/month) from public facilities etc. The converted population numbers for the river basins are as follows:
● Capibaribe: 21,319 Beberibe: 2,393 Tejipio: 3,461 Timbo: 399
 - BOD load of population served with sewerage:
Load (1)=served population × 54 g/person/day × (1- Reduction rate)
 - BOD load of unserved population (population with or without septic tanks):
● load from population with septic tank = population with septic tank × 54 g/person/day × (1-R1)
-R1: reduction rate by septic tank is assumed as 0.4
● load from population without septic tank :
population without septic tank × 54 g/person/day × (1- R2)

表-4 下水処理区の計画規模 (1/2)

Line No.	Name of Sewerage Subsystem	Population in 2020 (people)	Sewerage Area		Capacity of Existing Treatment Facilities (m ³ /day)	Sewage Flow in 2020 (m ³ /day)			pollution Loads	
			Sewerage Area in 2020 (ha)	Area covered by Existing System (ha)		Daily Average	Daily Max.	Hourly Max.	BOD (mg/l)	SS (mg/l)
1	Caetes	60,779	884.5	705.1	8,900	11,014	12,395	16,682	299	332
2	Peixinhos	398,839	2,548.2	963.2	36,000	57,279	66,980	95,111	370	411
3	Caixa D'agua	35,305	454.7	-	-	5,134	5,868	7,820	371	413
4	Nova Descoberta	65,506	386.9	-	-	7,138	8,456	11,849	496	551
5	Aguazinha	59,005	372.6	2.7	-	6,569	7,775	10,858	485	539
6	Dois Unidos	63,495	422.9	23.6	-	8,243	9,675	13,600	416	462
7	Ponte dos Carvalhos	24,365	131.7	-	-	3,615	4,224	6,051	364	404
8	Charnequinha	15,096	66.5	-	-	2,174	2,552	3,684	375	417
9	Camaragibe/Recife 1	61,043	954.4	80.4	-	11,254	12,722	17,022	293	325
10	Camaragibe/Recife 2	16,477	268.7	-	-	3,220	3,642	4,882	276	307
11	Camaragibe 1	24,870	446.3	89.3	-	4,450	4,952	6,464	302	335
12	Camaragibe 2	26,107	246.3	-	-	3,380	3,906	5,327	417	463
13	Cabanga	304,394	2,260.4	1,799.4	80,000	55,239	64,163	91,362	314	348
14	Cordeiro	100,048	675.3	129.2	4,416	16,319	18,995	27,034	331	368
15	Caxanga	37,326	508.9	31.3	-	6,690	7,624	10,337	301	335
16	Igarassu 2	50,251	816.7	-	-	9,690	10,906	14,595	280	311
17	Ipojuca - Sede	17,856	105.4	-	-	2,687	3,134	4,473	359	399
18	Itapissuma 1	10,679	101.7	20.8	-	1,614	1,828	2,522	357	397
19	Itapissuma 2	10,416	99.2	-	-	1,574	1,783	2,460	357	397
20	Comportas	49,970	487.1	-	-	8,275	9,545	13,265	326	362
21	Curcurana	123,636	909.9	46.2	4,975	21,280	24,678	35,051	314	349
22	Prazeres	233,403	1,547.7	71.5	1,625	32,581	38,122	53,840	387	430
23	Jaboatao 1	45,472	396.2	151.2	-	5,956	6,865	9,442	412	458
24	Jaboatao 2	56,231	803.3	-	-	9,656	10,780	14,435	314	349
25	Ibura de Cima	51,984	321.9	153.3	-	6,097	7,137	10,010	460	512
26	Jaboatao 3	36,974	528.2	-	-	6,349	7,088	9,492	314	349
27	Bonanca	5,025	114.2	-	-	1,046	1,147	1,473	259	288
28	Moreno 1	18,792	208.8	-	-	2,969	3,345	4,566	342	380
29	Moreno 2	6,435	71.5	32.6	854	1,017	1,145	1,564	342	380

表-4 下水処理区の計画規模 (2/2)

Line No.	Name of Sewerage Subsystem	Population in 2020 (people)	Sewerage Area		Capacity of Existing Treatment Facilities (m ³ /day)	Sewage Flow in 2020 (m ³ /day)			pollution Loads	
			Sewerage Area in 2020 (ha)	Area covered by Existing System (ha)		Daily Average	Daily Max.	Hourly Max.	BOD (mg/l)	SS (mg/l)
30	Moreno 3	3,465	38.5	-	-	547	617	842	342	380
31	Camaragibe 3	30,238	621.8	150.9	-	5,967	6,599	8,555	274	304
32	Sao Lourenco 1	45,783	921.7	298.9	-	9,619	10,737	14,115	257	286
33	Sao Lourenco 2	33,288	652.7	-	-	6,981	7,813	10,309	258	286
34	Boa Viagem	159,314	1,281.3	152.1	-	27,794	32,113	45,402	311	346
35	Imbiribeira	56,497	550.4	168.2	-	10,103	11,627	16,251	302	336
36	Jardim Sao Paulo	56,102	497.1	104.6	-	8,384	9,723	13,511	375	416
37	Ibura de Baixo	179,179	1,399.9	93.9	-	23,557	27,391	38,075	406	451
38	Ignes Andreazza	6,579	47.4	37.9	2,217	988	1,148	1,620	360	400
39	Mangueira	42,642	285.8	112.8	3,732	6,430	7,505	10,641	363	403
40	Roda de Fogo	27,810	170.8	144.6	4,752	3,892	4,564	6,477	386	429
41	Janga	316,075	2,878.7	1,105.7	34,214	59,891	68,821	97,013	285	317
42	Paulista	68,930	783.3	345.2	6,750	11,052	12,460	16,997	337	374
43	Conceicao	62,445	709.6	50.0	-	12,515	14,281	19,888	269	299
44	Apipucos	10,339	129.7	-	-	2,076	2,374	3,281	279	311
45	Curado	18,626	102.5	102.5	7,021	2,031	2,414	3,399	495	550
46	P.P. de Galinhas	3,705	49.4	-	-	621	695	936	322	358
47	Jardim Paulista	24,851	282.4	282.4	3,085	3,954	4,451	6,066	339	377
48	Mirueira	34,009	401.5	401.5	-	5,478	6,169	8,386	335	372
49	Mutirao	6,380	72.5	65.3	1,700	1,334	1,525	2,132	258	287
50	Nova Cruz	5,244	92.0	-	-	1,053	1,184	1,577	269	299
51	Parque Capibaribe	23,475	460.3	425.2	2,735	4,923	5,510	7,270	258	286
52	Parque Pirapama	32,794	172.6	51.8	3,060	4,845	5,665	8,124	366	406
53	Vila Burity	11,397	68.1	20.5	1,250	1,350	1,578	2,220	456	507
54	Vila dos Milagres	14,289	99.4	99.4	1,853	1,853	2,139	2,994	416	463
55	27 de Novembro	9,369	48.6	3.2	963	963	1,150	1,620	525	584
Total of 55 Subsystems		3,292,602	29,958	8,516	210,102	530,710	611,682	852,970	336	374

Source: JICA Study Team

表-5 下水道施設の修復箇所 (1/2)

Line No.	Name of Sewerage System	Pumping Stations to be Rehabilitated	Sewage Treatment Stations
1	Caetes	EEJ-4(Caetes-3), EEJ-22(Caetes-I)	ETEJ-03(Caetes): Repair and replacement of mechanical parts for screen, flow meter, aerators, etc., and dredging of lagoons.
2	Peixinhos	EEJ-14(Varadero), EEX-1(Arruda), EEX-2(Encruzilhada), EEX-3(Rui Barbos), EEX-11(Conventional Center), EEX-12(Jao Pualo-II), EEX-13(Varadouro-II), EEX-14(COHAB),	ETEX-01(Peixinhos): Repair and replacement of mechanical parts for screen, grit chambers, primary sedimentation tanks, bio-filter, final sedimentation tanks, pumps and digesters, repair of civil and architectural structures, and replacement of filter-media
3	Aguazinha	EEX-20(Passarinho), EEX-21(Varadouro-I), EEX-22(Canaa)	None
4	Cabanga	EEX-4(Aurora), EEX-5(J. Brasil), EEX-7(Ponte Velha), EEX-10(Henrique Dias), EEC-1(Afogsdos), EEC-2(Internacional), EEC-8(D-3), EEC-9(Jiquia), EEC-15(Abdias de Carvalhos), EEC-17(Prive da Torre)	ETEC-01(Cabanga): Repair and replacement of mechanical parts for influent pumps, screens, grit chambers, primary sedimentation tanks, digesters, etc. and repair of civil and architectural structures.
5	Cordeiro	None	ETEC-8(Villa Iputinga) to be used as another facilities, separately from the main Subsystem: Repair and replacement of machinery parts for influent pumps, etc. and civil and architectural structures.
6	Curcurana	EEC-10(Barra de Jangada), EEC-21(Costa do Sol)	ETEC-03(Barra de Jangada) and ETEC-09(Praia Grande) to be used as another facilities, separately from the main Subsystem: Repair and replacement of machinery parts for influent pumps, etc., civil and architectural structures.
7	Prazeres	EEC-16(Jardim Piedade), EEC-29(Praia Grande)	ETEC-02(Jardam Piedade) to be used as another facilities, separately from the main Subsystem: Repair and replacement of machinery parts for influent pumps, aerators, etc., civil and architectural structures and dredging of a lagoon.
8	Moreno 2	None	ETES-13(Villa Liberdade): Repair of mechanical parts, internal pipings and desludging of a septic tank.
9	Boa Viagem	EEC-6(D-18), EEC-13(D-20), EEC-19(Boa Viagem)	None
10	Imbiribeira	EEC-20(Imbiribeira)	None
11	Ignes Andreazza	None	ETES-01(Ignes Andreazza): Repair and replacement of mechanical parts for influent pumps, screens, grit chambers, a sedimentation tank, aeration tanks, aerators, etc. and repair of civil and architectural structures.
12	Mangueira	None	ETEC-10(Mangeira): Repair and replacement of mechanical parts for influent pumps, screens, grit chambers, , etc. and repair of civil and dredging of a lagoon.
13	Roda de Fogo	EEC-24(Roda de Fogo-01), EEC-25(Roda de Fogo-02), EEC-26(Roda de Fogo-03), EEC-27(Roda de Fogo-04)	ETES-07(Villa Roda de Fogo): Repair of mechanical parts, internal pipings and desludging of a septic tank.

表－5 下水道施設の修復箇所 (2/2)

Line No.	Name of Sewerage System	Pumping Stations to be Rehabilitated	Sewage Treatment Stations
14	Janga	EEJ-2(Marangupe-II), EEJ-3(pedras Altas), EEJ-5(Managupe-II), EEJ-8(Bairro Nova), EEJ-X(Dona Duda), EEJ-18(Inocop Janga)	ETEJ-01(Janga): Repair and replacement of mechanical parts for screens, grit chambers, a sedimentation tank, aeration tanks, aerators, etc. and repair of civil and architectural structures.
15	Paulista	EEJ-19(Arthur Lundgren)	ETEJ-02(Arthur Lungren): Repair and replacement of mechanical parts for screen, flow meter, aerators, etc., and dredging of lagoons.
16	Conceicao	EEJ-17	None
17	Curado	EES-1(Curado-IV), EES-4(Curado-II),	ETES-2(Curado-IV): Repair and replacement of mechanical parts for screen, flow meter, aerators, etc., and dredging of lagoons.
18	Jardim Paulista	EEJ-7(Paulista)	ETEJ-04(Jardim Paulista): Repair and replacement of mechanical parts for screen, flow meter, aerators, etc., and dredging of lagoons.
19	Mutirao	EEJ-11(Engenho Marangupe), EEJ-21(EE-2)	ETEJ-06(Mutirao): Repair of mechanical parts, internal pipings and desludging of a septic tank.
20	Parque Capibaribe	EES-13(Parque Capi-II), EES-14(Parque Capi-III)	ETES-04(Capibaribe Park): Repair and replacement of mechanical parts for screen, flow meter, aerators, etc., and dredging of lagoons.
21	Parque Pirapama	None	ETES-03(Pirapama Housing): Repair and replacement of mechanical parts for screen, flow meter, aerators, etc., and dredging of lagoons.
22	Vila Burity	EEX-16(Villa Burity-I), EEX-17(Villa Burity-X), EEX-18(Villa Burity-III)	ETEX-02 to 05(Burity Village): Repair of mechanical parts, internal pipings and desludging of a septic tank.
23	Vila dos Milagres	EEX-16(Cabo-III), EES-21(Villa dos Milagres), EES-22(Villa dos Milagres)	ETEC-10(Mangeira): Repair and replacement of mechanical parts for influent pumps, screens, grit chambers, , etc. and repair of civil and dredging of a lagoon.
24	27 de Novembro	None	ETES-05(UR-II-Ibura): Repair of mechanical parts, internal pipings and desludging of a pond.

Source: Compiled by JICA Study Team based on the results of site investigation, reviewing the data prepared by COMPESA.

表一 6 下水幹線施設規模(1/2)

(A) Gravity Flow Unit: m

Diameter of Pipe(mm)	Material	Conceicao	Janga	Cabanga	Boa Viagem	Cordeiro	Prazeres	Curcurana	Total (m)
φ 300	PVC	580	2,002	1,645	4985	1,625	3,885	2,030	16,752
φ 400	PVC	2,040	7,065	835	2865	4,845	3,990	1,510	23,150
φ 500	RC	3060	1250		1880	920	1490	1495	10,095
φ 600	RC		370		1915	850	1240	785	5,160
φ 700	RC	780	1248		1040	300	230	2280	5,878
φ 800	RC				2835	100	680	1435	5,050
φ 1000	RC					40	835	925	1,800
φ 1200	RC				330		925	20	1,275
φ 1500	RC						600		600
Total		6,460	11,935	2,480	15850	8,680	13,875	10,480	69,760

(B) Pressure Flow

Diameter of Pipe(mm)	Material	Conceicao	Janga	Cabanga	Boa Viagem	Cordeiro	Prazeres	Curcurana	Total (m)
φ 100	PVC	245		250					495
φ 150	PVC		300	1055	780			455	2,590
φ 200	PVC	720		465	750			1515	3450
φ 250	PVC		1020	435				1770	3225
φ 300	PVC	690				1360	750	2190	4990
φ 350	CIP			1200	440				1640
φ 400	CIP		3300				500		3800
φ 450	CIP					745		1515	2260
φ 500	CIP		2180	3350			3515		9045
φ 600	CIP		2800		2550				5350
φ 700	CIP		7200				2680		9880
Total		1655	16800	6755	4520	2105	7445	7445	46725

表一 6 下水幹線施設規模 (2/2)

(C) Rehabilitation (Replacement)

Diameter of Pipe(mm)	Material	Conceicao	Janga	Cabanga	Boa Viagem	Cordeiro	Prazeres	Curcurana	Total (m)
φ 200	PVC		425						425
φ 300	PVC		3190						3190
φ 350	CIP						1760		1760
φ 500	CIP			630					630
φ 800	CIP			210					210
φ 1000	CIP			890					890
φ 1200	CIP			1095					1095
φ 1500	CIP			385					385
Total			3615	3210	0	0	1760	0	8585

(D) Branch and Collector Sewers

Diameter of Pipe (mm)		Total (m)
Side walk	150 PVC	251,842
	200PVC	83,948
	250PVC	83,949
	Sub total	419,739
Branch	150PVC	979,391
Total		1,399,130

表一七 ポンプ場箇所数

Sewerage System	Quantities					Total
	Manhole Type P/S	Simplified Type(I) P/S	Simplified Type(II) P/S	Standard Type(I) P/S	Standard Type(II) P/S	
Conceicao	3	1	0	0	0	4
Janga	2	2	1	0	0	5
Cabanga	6	0	0	0	0	6
Boa Viagem	2	1	0	1	1	5
Cordeiro	3	2	1	0	0	6
Prazeres	2	0	2	0	1	5
Curcurana	11	0	1	0	0	12
Total	29	6	5	1	2	43

P/S : Pumping Station

