

# 東北ブラジル電力開発計画

## 基礎調査報告書

昭和42年3月

海外技術協力事業団

禁止出持

用存保

JICA LIBRARY



1025078[5]

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 4. - 3	703
登録No. 02465	64.3
	KE

## は し が き

日本政府は、ブラジル政府の要請により、昭和41年度予算をもって、東北ブラジルの電力開発計画に関する基礎調査を行なうこととし、その実施を政府の実施機関である海外技術協力事業団に委託した。事業団は、ブラジルにおける電力開発の重要性に鑑み、その効率的な実施を期して、海外電力調査会 丸山二郎氏を団長とし、専門家6名からなる調査団を編成した。

本調査団は1966年11月8日に東京を出発し、約1.5ヶ月の間現地に滞在し、開発計画の各分野について討議研究を行なうとともに、計画地点を踏査し、資料の蒐集を行なった。幸い現地における調査はブラジル政府関係者の格別の支援と協力によって円滑に行なわれ調査団全員無事帰国し、ここに調査報告書提出の運びとなった。

当事業団は日本政府の行なう海外技術協力の実施機関として1962年6月発足し、以来開発途上にある国々に対する専門家の派遣、研修生の受入、コンサルティングサービスの提供等各種の政府ベース技術協力を実施して着々実効を挙げているが、本調査報告書がブラジルの電力開発事業の推進に役立つとともに、両国の友好親善と経済の交流に寄与するならば、これにまさる喜びはない。

終りに本調査の実施に当り、支援を惜しまれなかったブラジル政府関係者に対し、また調査団団員各位、現地において調査に協力された在外公館の方々、並びに調査団の派遣に御協力をいただいた通産省、外務省、海外電力調査会に対し、この機会に厚くお礼申しあげる。

昭和42年3月

海外技術協力事業団

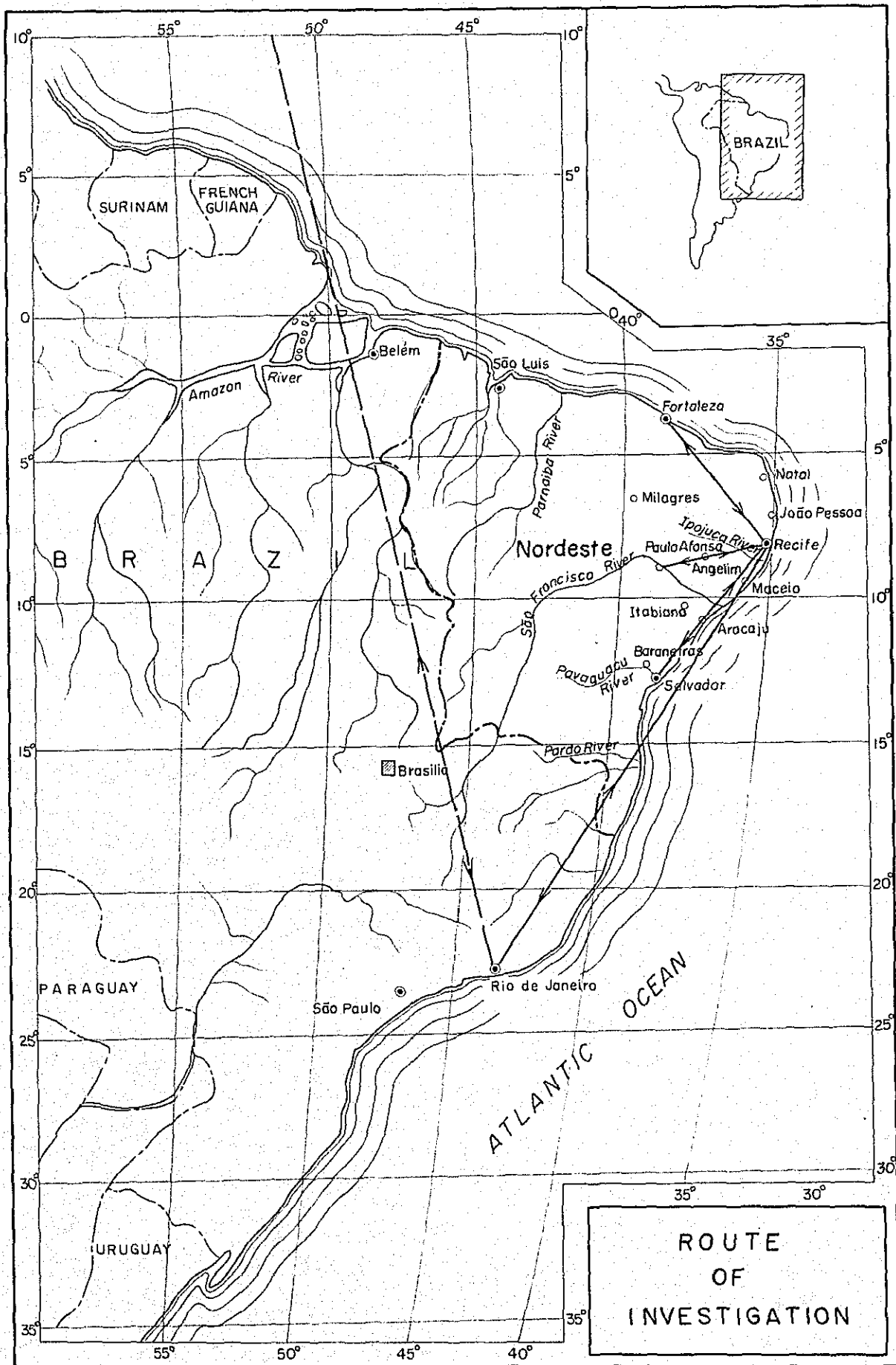
理事長 澁 沢 信 一



## Paulo Afonso 大瀑布

サンフランシスコ河—この河はアマゾン、パラナに続くブラジル3大河川の一つであり、その流程は2,000kmにおよぶ。ブラジル中央高原台地を北流し、やがて東北ブラジル平原で東流するが、河口より300km付近に Paulo Afonso の大瀑布がある。

この巨大なエネルギーを電気エネルギーに変えて、Nordeste 地域電力をまかなっている。現在 Paulo Afonso 発電所は稼動しているが、計画をあわせて約100万kWである。



# 目 次

I 序 論	1
1 調査の経緯と目的	1
2 調査の概要	1
3 調査団の編成	1
4 調査期間および行程	2
5 謝 辞	4
6 東北ブラジル (Nordeste) の一般概況	4
II 結論および勧告	7
1 結 論	7
2 勧 告	8
III Nordeste の電力事情	9
1 電力供給組織	9
2 電力供給設備と需要	9
3 電 気 の 質	11
4 電 気 料 金	11
5 需要の見透しと第3次3ヵ年開発計画	12
IV Nordeste の水力開発計画と基礎資料	17
1 地 勢	17
2 気 象	17
3 河川の特徴	19
4 水力開発計画と揚水発電の提唱	24
V Nordeste における揚水発電の必要性和その計画	27
1 揚水発電方式の特徴と Nordeste への適用	27
2 電力需要の現状と将来	29
3 揚水発電容量について	30
VI Primavera 地点の基礎的検討	37
1 Primavera 地点の特徴	37
2 設備の規模と工事費	38
3 Primavera 揚水発電計画 360MW 案の概要	47
4 電気設備について	49
VII Primavera 地点に関する電力系統計画	49
1 Nordeste における電力系統の特徴	49
2 Primavera 地点に関する系統計画	51

3	系統計画の実際に当り考慮すべきこと .....	54
Ⅷ	その他の揚水発電地点について .....	57
1	Salvador 地域の揚水計画地点の特徴 .....	57
2	Fortaleza 地域の揚水計画地点の特徴 .....	58
	参 考 文 献 .....	61



## 略 語 説 明

CHESF :	São Francisco 電力会社
COELBA :	Bahia 州電気会社
COHEBE :	Boa Esperança 電気会社
CONFOR :	Fortaleza 電気会社
CVSF :	São Francisco 流域開発委員会
DINFRA :	東北ブラジル開発庁建設部
Eletrobras :	ブラジル電力公社
Nordeste :	東北ブラジル
SUDENE :	東北ブラジル開発庁

# I 序 論

# I 序 論

## I - 1 調査の経緯と目的

ブラジル政府は、東北ブラジル (Nordeste) の開発に力を注ぐため、1959年東北ブラジル開発庁 (SUDENE) を設立した。

SUDENEは本部をRecife市に置き、近代工業化への方針のもとに電力・道路・水道・灌漑などの基礎的開発を進め、積極的に工業誘致をはかり、着々と実績を挙げつつある。

このような情勢のもとで、Nordesteの電力開発について、ブラジル政府は

- (1) 送電幹線系統の整備と、その運営のあり方
- (2) 揚水発電計画の可能性についての基礎的検討

について、日本政府に調査を依頼して来た。

この要請に対し、日本政府は技術的協力を行なうこととし、海外技術協力事業団にその実施を依頼した。同事業団は、ここに海外電力調査会の協力のもとに、土木・電気関係6名の技師よりなる別掲調査団を編成し、本調査を実施した。

調査団は調査期間を44日間とし、現地到着後、SUDENEと調査の細目について打合せた結果、

- (1) Nordesteの電力開発計画のあり方、特に揚水発電の適応性についての検討
- (2) 揚水発電計画としてのPrimavera地点の検討

に重点をおいて調査を進めることとなった。

## I - 2 調査の概要

前述の目的に沿って、実施した調査の概要は次のとおりであった。

- (1) Nordeste地域の主要電源として、São Francisco河のPaulo Afonso発電所ならびに、その上下流の開発地点の概査を行ない、供給力の実態を調査した。
- (2) 同地域の電力需要について、発電所の記録ならびに、関係機関の資料を参考として現状把握と将来の動向に関する調査を行なうとともに、送電系統についても併せて調査を実施した。
- (3) Primavera地点については、現地踏査を実施するとともに、諸資料の収集を行ない、開発の可能性について基礎的な検討をした。

## I - 3 調査団の編成

丸山二郎	団長	海外電力調査会開発協力部調査員 <(株)新日本技術コンサルタント常務取締役, 工学博士>
富士原 智	電気	通商産業省公益事業局開発計画課課長補佐
山田直明	土木	海外電力調査会開発協力部調査員 <(株)新日本技術コンサルタント土木第二部副部長>
和泉孝喜	電気	海外電力調査会開発協力部調査員 <関西電力(株)建設部電気課副長>

長 野 秀二郎 土木 海外電力調査会開発協力部調査員  
 <(株)新日本技術コンサルタント土木第二部設計課長>  
 潮 崎 安 弘 電気 海外電力調査会開発協力部調査員  
 <関西電力(株)工務部給電課>

1-4 調査期間および行程

調査期間は1966年11月8日から12月21日までの44日間。

調査行程は次表のとおりである。

(月 日)	(行程および作業内容)	(泊 地)
11月 8日(火)	東京発 Los Angeles 着	Los Angeles
9日(水)	Los Angeles 発	機 中
10日(木)	Rio de Janeiro 着 大使館を訪問, 打合せ	Rio de Janeiro
11日(金)	João Gonçalves de Souza ブラジル地域開発調整大臣, Paulo de Moura 外務省経済局長表敬	Rio de Janeiro
12日(土)	資料検討, 調査打合	Rio de Janeiro
13日(日)	同 上	Rio de Janeiro
14日(月)	Eletrobras 社長, CHESF 社長訪問, CHESF と打合	Rio de Janeiro
15日(火)	器材分割, 出発準備	Rio de Janeiro
16日(水)	Rio de Janeiro 発 Recife 着 総領事館にて打合 SUDENE 長官に会見	Recife
17日(木)	関係機関と協議打合	Recife
18日(金)	Ipojuca 河 Primavera 計画地点踏査 COHEBE 訪問	Recife
19日(土)	Primavera 計画地点の検討, 収集資料の検討	Recife
20日(日)	同 上	Recife
21日(月)	Paulo Afonso 発電所訪問 土木班(班長, 山田, 長野) ○ Paulo Afonso 発電所 設備および増設計画調査 ○ 上流計画地点(Sobradinho, Itaparica) 調査	Paulo Afonso
22日(火)	○ Paulo Afonso 関係気 象・水文資料調査 ○ 下流計画地点(Xingo) 調査	Paulo Afonso Paulo Afonso 設備, 過負荷能力, 増設機調査 ○ CHESF 全系の発電, 受 電実績調査
23日(水)	Paulo Afonso 発 Recife 着 ○ 系統潮流実績調査	土木班, 電気班 Recife, P. Afonso

(月 日)	(土木班)	(電気班)	(泊 地)
11月24日(木)	Primavera 計画地点調査, 下部貯水池概測, ダム地点 地質調査	○ 系統潮流実績調査	土木班 電気班 Recife, P. Afonso
25日(金)	SUDENEにて Primavera 計画, 検討作業	同 上	Recife, P. Afonso
26日(土)	同 上	Paulo Afonso 発 Recife 着 Angelim 変電所運転実績 調査	Recife
27日(日)	Primavera 計画につき総合打合せ(全員)		Recife
28日(月)	SUDENEにて Primavera 計画検討作業		Recife
29日(火)	同 上		Recife
30日(水)	(土木班) Primavera 計画地点調査, 上部貯水池概測, ダム地点 調査, 第3ダム地点踏査	(電気班) Pirapama, Bongi 変電 所について運転実績調査	Recife
12月 1日(木)	SUDENEにて Primavera 計画関係作業	Recife 発 Aracaju 着 Itabaijana 変電所の運転 実績調査	土木班 電気班 Recife, Aracaju
2日(金)	Recife 発 Salvador 着 SUDENE Bahia 支局, COELBA 打合 資料収集	Aracaju 発 Salvador 着 Cotegipe 火力発電所運転 実績調査	Salvador
3日(土)	Paraguaçu 河計画地点踏 査	Bananeiras 発電所 Matatu 変電所運転実績調 査	Salvador
4日(日)	Salvador 発 Recife 着(全員)		Recife
5日(月)	(土木班) SUDENEにて Primavera 計画関係作業	(電気班) ○ 運転実績記録整理 ○ 需要想定 ○ Primavera 計画	Recife
6日(火)	同 上	同 上	Recife
7日(水)	同 上	○ Bongi 変電所実績調査 ○ Pernambuco Tramway & Light Co. 打合	Recife
8日(木)	同 上	同 上	Recife
9日(金)	Recife 発 Fortaleza 着(全員)		Fortaleza
10日(土)	(土木班) Pacatuba 計画地点踏査	(電気班) ○ CONEFOR 配電用変電 所 ○ CHESF Mondubim 変 電所運転実績調査	Fortaleza

(月 日)	(行程および作業内容)	(泊 地)
12月11日(日)	Fortaleza 発 Recife 着(全員)	Recife
12日(月)	調査結果最後取りまとめ	Recife
13日(火)	調査団調査結果報告会、関係機関挨拶	Recife
14日(水)	団長以下4名 Recife 発 Rio de Janeiro 着 山田、和泉 SUDENE にて DINFRA 部部長に説明	Rio de Janeiro, Recife
15日(木)	Rio にて関係機関挨拶、資料収集 山田、和泉 Recife 発 Rio de Janeiro 着	Rio de Janeiro
16日(金)	Rio にて関係機関挨拶、資料購入	Rio de Janeiro
17日(土)	帰国準備資料発送他	Rio de Janeiro
18日(日)	帰国準備	Rio de Janeiro
19日(月)	Rio de Janeiro 発 New York 経由日本に向う	

#### I-5 謝 辞

本調査に関し、広大な Nordeste 地域にもかかわらず、極めて能率的に、調査を進めることが出来、予期以上の成果を収め得たことは、一重にブラジル政府ならびに関係機関の絶大なご協力と、友情あふれる好意によるものと厚く感謝する次第である。

特に、資料の収集や、交通関係、事務所の提供など、調査に当り実施関係機関の多大な便宜供与を受けたことについて、重ねて感謝するものである。

またブラジル国内に今回の調査を機にして、多くの知己を持ちえたことは、調査団として望外の喜びであることを付記したい。

#### I-6 東北ブラジル (Nordeste) の一般概況

Nordeste は Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Fernando de Noronha の 8 州からなり、面積 96.5 万 km<sup>2</sup>、人口 1,780 万人を有する、ブラジル国土が東北部に突出した部分である。SUDENE 管轄地域は、これに Sergipe, Bahia, Minas Gerais の北部を加えた 11 州、面積 160 万 km<sup>2</sup> におよびものであって、その人口は 2,500 万人といわれている。

この地域は、その北端が赤道、南端は、南緯 22° であり、熱帯に位置する。したがって、沿岸部は高温多湿で、年間気温差が 10°C 程度、雨量多く樹木も繁茂しているが、一旦内陸に入ると、雨は少く、空気は乾燥し、いわゆる乾燥地帯があり、灌木林となり、ところによっては砂漠一歩手前の地域がある。

主要生産品は農作物で砂糖を始め、棉花、油性種子、カカオ、カルナウバ蠟、パパス等がある。

一方天然資源としては、最近石油の採掘が行なわれ、北部ではボーキサイトの採掘も行なわれようとしている。また、重石、金紅石、石膏、岩塩、磷酸塩、石灰石、石

綿等も産出する。しかし生産高は全国総生産高の僅か18.2%で、住民1人当りの所得は、ラテンアメリカ総平均の50%にしかない。

ブラジル政府は、他地域に比較して遅れているNordesteを大いに発展させるため、1954年東北ブラジル銀行(BNB)を設立するとともに、専門開発機関として、1959年にSUDENEを開設して地域の開発に努力を傾注している。

SUDENEは現在までに第1次、第2次の開発計画を実施し、現在第3次開発計画(1966~68)を推進中である。これら過去2次に亘って実施した開発計画により、教育、企業投資、雇用就業、農業改善、電化及び電源開発、沿岸漁業改善、天然資源調査開発、道路建設、基礎衛生設備の改善または向上が行なわれ、これに要した総資金は2,000億クルゼイロ(注)に達している。これらの開発計画の実施により、1965年におけるNordesteの年間成長率は7%で、この数字はブラジル全体の平均成長率6%を上廻るもので、その効果が出始めた段階と云えよう。

第3次3ヵ年計画は目下実施中であって、その計画投資額は3兆8,640億クルゼイロが計上されている。この内SUDENEはその19%に当る7,449億クルゼイロを供給する。その主たる内容は、

公共構造物関係	49.7%
人的資源	13.4
工業	5.5
特定計画	5.8
天然資源	7.4
農産品供給	12.9
一般管理	5.3

となっている。

(注) 2,200クルゼイロ=1.1US\$=3.60円

## Ⅱ 結論および勧告



## II 結論および勧告

### II-1 結 論

Nordeste の電力については、昼間と夕刻のピーク電力を早急かつ将来にわたって十分に供給する方策を樹てなければならない時であるといえるが、

Nordeste の電源としては、São Francisco 河、Paranaíba 河における、大規模水力電源が主体となるであろう。すなわち、2大河川以外の河川は、一般に雨季には洪水を起すような大きな流量があるにもかかわらず、乾季にはほとんど流量がなくなってしまう有様であるから、水力発電には適さない状態である。

しかるに São Francisco 河の Paulo Afonso 発電所でピーク需要に応じた設備を増強していくと、夜間や休祭日のオフピーク時に、その設備の大部分が遊休設備となる。同時に Paulo Afonso 発電所の増強はおのずから限界があることは明白である。

さらに、供給力を増強するために、Paulo Afonso 発電所の上流に貯水池を造り、流量を調節することによって、エネルギーを有効に利用しようとする計画があるが、このような開発は、膨大な先行投資を余儀なくされ、高価な電源となるであろう。

そこで、近年世界の電力界を風靡しつつある“揚水発電”の利点に着目し、需要地に近い場所に、揚水発電所を建設し、安い原価の Paulo Afonso 発電所の余剰電力を利用する計画が浮び上がってくる。

われわれは Recife 市に近い Primavera 滝を利用する地点をパターンとして、Nordeste において、揚水発電を計画することの可能性と有効性を研究した。すなわち、電力の見地（V章）、土木の見地（VI章）、電力系統の見地（VII章）から検討を行ない、その結果、Nordeste の電力開発には、揚水発電が極めて有効適切な手段である、との結論を得たのである。

当地域の需要は、まだ小さく、その上急激に工場誘致が行われようとしている現在、需要想定により、揚水発電容量を決定することは困難であるので、現在の発電設備より生ずる余剰電力をフルに使用した場合について、許容される揚水発電容量を検討した結果、Paulo Afonso 発電所出力 615 MW（II 期完了）のときには、240 MW、出力 915 MW（III 期完了）のときには、360 MW の揚水発電が可能であることが判明した（V-3 参照）。

Primavera 地点の揚水発電所としての適用性を検討した結果、つぎのような利点が見出された。

- (a) 揚水発電に適した良好地形条件を持っているので、豊富なピーク電力を、供給することができる。
- (b) 既設の送電幹線に近く、揚水用電力の受電に便利である。

- (c) Recife 市に近いので、既設送電線を利用して、ピーク電力を送電できる。
- (d) 非常用電源ともなりうるので、電力供給の信頼を全うすることが出来る。
- (e) 揚水用電源として、Paulo Afonso 発電所の余剰電力を使用できるので、水力エネルギーの有効利用が可能となる。
- (f) 建設が容易で、工期が短かく、建設費が安い。すなわち工期は3ヵ年もあれば充分で、建設費は、出力規模360 MWの場合、土木工事52\$/kW、電気工事45\$/kW、合計約100\$/kW前後で建設可能である。

本報告書では設備容量が、240MW、300MW、360MWおよび480MWの各場合について検討を行ない（V、VIおよびVII章参照）、特に360 MWの場合について詳述し、本計画地点の特質を把握するための指針とした。

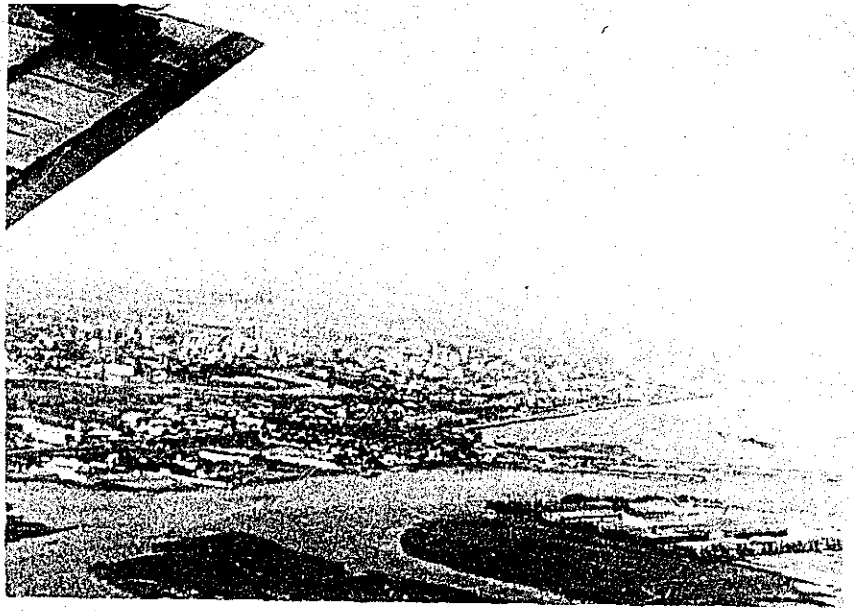
## II - 2 勧 告

II - 1 の結論にもとずいて、

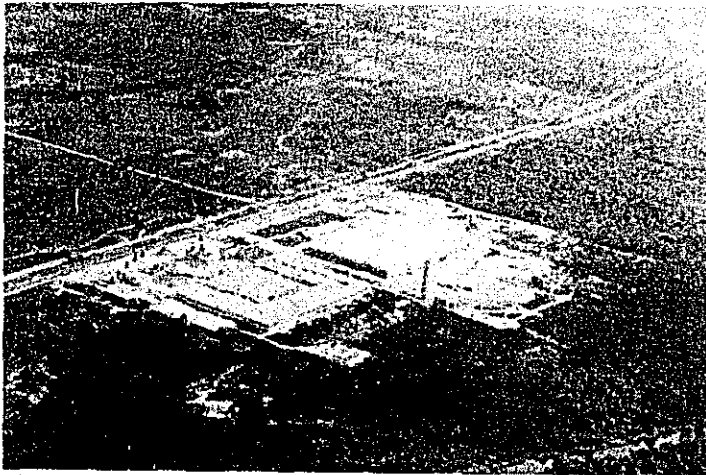
- (1) Nordeste 地域の電源開発に関し、低廉・良質な電力を供給するために、従来計画の大河川電源開発に、揚水発電方式を併用することを勧告する。
- (2) Primavera 地点は上記の主旨にそって揚水発電地点として、幾多の有利な条件を具備した適当な地点であると判断されるので、早急に開発準備に取り掛かることを勧告する。
- (3) Primavera 地点開発に当っては、各種の問題点のうち、特に設計に必要な基礎資料、開発規模の決定のための資料などについて、早急に調査と検討を行う必要がある。

## Recife

Pernambuco州の首都、ブラジル第3の都市。人口100万人（1966. 9月現在）、Nordesteにおける政治、経済、文化の中心地である。特に最近は工業化が活発である。わが国の総領事館がある。



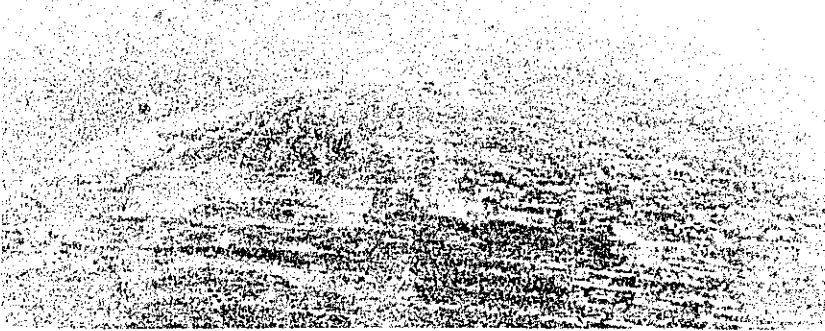
Recife市全景と大西洋



Recife市郊外の工業地帯予定地



Recife市から南西に延びる国道



## Fortaleza

Ceara 州の首都、人口52万人、Nordeste 第2の都市で、最近電力の需要が伸びてきている。São Francisco 河の Paulo Afonso 発電所より650kmの長距離送電線（電圧230kV）により受電している。

Fortaleza 市街



Fortaleza 郊外  
道路と230kV送電線



### Ⅲ Nordeste の電力事情

### III Nordeste の電力事情

#### III-1 電力供給組織

Nordeste における電力供給事業は、発送変電を行う São Francisco 電力会社 (CHESF) と、多くの配電会社によって、行なわれている。

CHESF は、São Francisco 河の、Paulo Afonso 発電所を建設するために設立されたもので、1955 年 1 月 15 日に第 1 号機の運転を行なって以来、Nordeste における唯一の発送変電を行う企業として発展して来たが、1961 年 4 月 25 日に法律をもって設立されたブラジル電力公社 (Eletrobras) の子会社となった。

CHESF の資本金は、970 億クルセイロで、国と Eletrobras が株主である。CHESF の 1965 年年次報告によれば、Nordeste において、人口は、1950 年に比して 1960 年には 250 万人の増加、農業耕地面積は、1940 年より 1960 年には 16% の増加、工業生産高は、約 28 倍に増加し、電力は、1955 年の 64 MW から 1961 年の 228 MW に増加して、1 人当り年間使用電力量は、1940 年の 24.2 kWh から、1960 年には 74.1 kWh に増加している。

Eletrobras は、全国発電計画の立案、電源開発事業に対する出資、融資を行っており、資金源は、政府資金、電灯料金の一部などよりなる連邦電化基金である。当初資本金は 30 億クルセイロである。

Nordeste には、CHESF の外に、Boa Esperança 発電所 (I 期 54 MW 2 台、II 期 54 MW 2 台) の建設および運転を目的として、1963 年 7 月に官民合併会社として設立された Boa Esperança 電力会社 (COHEBE) がある。

COHEBE は、SUDENE、Eletrobras、および旱ばつ対策委員会が株主で、資本金は 109 億クルセイロである。

配電会社は、Nordeste に 19 社あり、州営または私営で、小規模の発電設備をもっているものもあるが、主として CHESF より受電している。

電気事業に対する行政組織としては、連邦政府内に鉱山動力省があり、電気料金、電気税の認可、電源開発許可権を持っている。州政府は電源開発に関する資金参加または配電会社をとおして電気事業に参加している。

#### III-2 電力供給と需要

Nordeste における発電設備は、つぎのとおりである。

##### CHESF

Paulo Afonso 水力発電所	60 MW × 3
" " "	65 MW × 3
" " "	80 MW × 3 (工事中)
以上小計	615 MW

Cotegipe 火力発電所	20 MW (3 台計)
Bananeiras 水力発電所	9 MW (3 台計)
Fortaleza ディーゼル発電所	26 MW (18 台計)
	計 670 MW

COHEBE

Boa Esperança 水力発電所	54 MW × 2 (工事中)
	計 108 MW
合 計	778 MW

Nordeste における送電系統は、CHESFの系統がその大部分を占め、Fig III-1 に示すように Paulo Afonso 発電所を中心として、Fortaleza, Recife および Salvador 方面へ、230 kV 送電幹線が伸びている。これら、3 方面の負荷および送電線はつきのとおりである。

Fortaleza	負荷約 30 MW
Paulo Afonso ~ Milagres	230kV, 1 回線, 254 km
Milagres ~ Fortaleza	230kV 設計, 138kV 運転, 1 回線, 398 km
Recife	負荷約 250 MW
Paulo Afonso ~ Recife	230kV, 2 回線, 406 km
Salvador	負荷約 120 MW
Paulo Afonso ~ Salvador	230kV, 1 回線, 456 km

なお、この系統のピーク電力は 1966 年 9 月第 2 週には 411 MW を記録している。Paulo Afonso, Recife の中間の Angelim 変電所および、Paulo Afonso, Salvador の中間 Catu 両変電所は、Recife, Salvador 周辺の工業化に伴う受電の中核地とすべく、CHESF が計画を進めている。

2 次電圧は 138kV, 69kV が主であり、Recife 市内の配電電圧は、13.8kV, 需要家供給電圧は、動力 380V, 電灯 220V となっている。

Table III-1 に CHESF の設備概要を示す。

Fig III-2 に CHESF 全系の需要と、供給との関係を示すが、需要は年に約 9~10 % の増加を示している。1965 年における CHESF の発電実績は、Paulo Afonso  $1.782 \times 10^6$  kWh, Cotegipe  $0.3 \times 10^6$  kWh, Fortaleza  $19 \times 10^6$  kWh, 合計約  $1.800 \times 10^6$  kWh で、最大電力は Paulo Afonso 377MW, Cotegipe 11MW, Fortaleza 16.21 MW である。

CHESF 系統の日負荷曲線は、Fig V-1, Fig V-5, Fig V-6 に示すように、平日は 6 時頃からゆるやかな立上りを示して昼間僅かに減少し、18 時頃にピークを示

し、土曜日は平日よりも負荷が小さく、日曜日に至っては、一日中平坦な負荷で夕方にピークを示している。この日負荷曲線は Fig V-5, Fig V-6 からわかるように年間を通じて、ほぼ類似の形状を示しており、負荷率は 60~70% 位となっている。

### III-3 電気の質

Paulo Afonso, Recife 間 230 kV 送電線は、1965 年に 1, 2 号線合計約 40 回停電しており、Recife 市内配電線は、この 1 年間に 1 日平均約 5 件の停電を記録している。前者では、自然現象に起因する停電は皆無であって、停電作業中の事故、運転員の誤操作等によるものが大部分を占めており、その上、事故原因の究明も技術の低いこと、技術者の少ないこと等のため十分に行なわれていない。後者は、配電用変圧器の事故数、1 日平均 15 台、饋電線の事故数、1 日平均 6 回線の数字からわかるように、設備の老朽が原因である。このため、Recife 市内の Pernambuco Tramway & Light Co. Ltd. では、設備台帳に設備別に事故を記録して改修・取替計画に利用している。

需要家に対する供給電圧の標準値は定められているが、Paulo Afonso 発電所と、Recife 市内 1 次変電所との距離が、406 km にも及ぶ長距離である上に、1 次変電所電圧調整設備が貧弱であるため、配電会社への供給電圧の質が悪く、電圧降下、電圧変動巾が大きいので、需要家からの苦情があるようである。特に Pernambuco Tramway & Light Co. Ltd. では、CHESF からの受電電圧（13.8 kV が標準）を測定し、その変動巾の大きいこと（18 時 12.3 kV, 22 時 14.1 kV の記録がある）に対して、強い不満を表明していた。

### III-4 電気料金

電気料金は、連邦政府の認可制で、しかも公共料金抑制政策がとられている。電気料金を低く抑える見返りとして、政府関係を初めとする借入金の金利が操作されている。CHESF の配電会社に対する卸売電気料金は、kW 料金と kWh 料金とからなっている。配電会社の需要家に対する電気料金は、供給種別によって異なり、Pernambuco Tramway & Light Co. Ltd. では次のようになっている。

#### (a) 一般需要 (220V 単相)

##### (I) 居住者用

最低料金	15 kWh 未満	555 クルセイロ
超過料金	1 kWh につき	37 "

##### (II) 商業用

最低料金	25 kWh 未満	925 クルセイロ
超過料金	1 kWh につき	37 "



(b) 動力用 (380V 三相)

設備 10 HP 以下

設備 1 HP 当り 78 クルゼイロ

消費電力量 1 kWh 当り 31 "

最近、配電会社の電気料金を、全国一本化しようとする気配が連邦政府内にあるが、Nordeste 開発を担当する SUDENE は、需要の開発拡大促進の立場から電気料金に地域差を設け、Nordeste に対しては割安な料金とする必要があるとっている。

III-5 需要の見通しと第 3 次 3 ヶ年開発計画

CHESF の 1964 年における需要想定は、つぎのとおりであった。

1964 年	1,623,700 MWh	348 MW
1965 年	1,807,600 "	405 "
1966 年	2,236,900 "	485 "
1967 年	3,908,250 "	849 "
1968 年	4,869,700 "	1,080 "

この需要想定には SUDENE の東北地方工業計画が考慮されているが、Nordeste の電力需要の想定は、日本の新産業都市の場合と同様に、長期にわたる正確な需要想定は、極めて困難な事情がある。しかしながら、電化の普及状況、開発に対する当局の意欲等からみて、今後とも電力需要は高い伸び率で増大するとともに、昼夜間のアンバランスも急激に増加するものと考えられる。

需要増大に対応する供給力は、1967 年末に、Paulo Afonso 発電所 615 MW、他の供給力を含めた 2 時間のピーク供給力 751 MW となるので、1969 年頃までの需要を充足できるものと考えられる。これ以上の需要増加に対しては、Paulo Afonso III 期発電所の建設計画 (150 MW 2 台) が立案されて、米州開発銀行から 2,900 万ドルの借款が決定し、1971 年運開を目途に、1967 年初頭から建設準備にとりかかるとのことである。

SUDENE の Nordeste 第 3 次 3 ヶ年開発計画は、特に電力関係に重点をおいている。これは、開発が進むにつれて都会が発展し、新しい人間集団地が発生したので、より生産性を向上させるために電気を動員させようというねらいである。

したがって、電源を開発し、都市町村間の送電網を拡大して大都市周辺の工場地帯に送電し、大都市の配電網を整備改善するとともに、新しい電源開発の調査を進めている。

第 3 次 3 ヶ年開発計画の内、電力拡充計画の内容はつぎのとおりである。

(a) 発電

1966 ~ 1968 年間に、343,352 kW の施設増加を予定している。開発の内訳は、Paulo Afonso 発電所の増設と、Boa Esperança 発電所の新設とからなる。

(b) 送電線

既に送電されている消費中心地への電力供給を継続すると共に、Nordeste 電化計画に含まれた新しい市町村への電力供給を行なうために、つぎのように延べ約 8,000 km を建設する。

Boa Esperança 系統 230 kV 送電線	500	km
13.8 kV 送電線	152	km
6.9 kV 送電線	3,382.5	km
34.5 kV 送電線	158	km
13.8 kV 送電線	3,922.3	km
285.5 kVA 降圧変電所建設		

(c) 配電網の建設と改修

一人でも多くの消費者に良質・豊富な電気の使用が可能となるように、配電網を建設・改修するもので、São Luis, Teresina, Paranaíba, Fortaleza, João Pessoa, Campina Grande, Recife, Olinda および Aracaju 各市の配電網を含んでいる。

(d) ピーク発電所建設のための投資前調査

揚水式発電所採用の可否の調査およびこの種のパイロット発電所の建設資金を準備している。

(e) 小集団地電化の投資前調査と工事

地理的立地条件からみて、人口密度が低く、工業開発の見込みも少なく、電気の及ばない郡市に、電気を充足させるための調査と工事をいう。

(f) 農村電化の投資前調査と工事

農業発展状態が特に有望とみられる地方の河川流域の農村電化を計画している。

(g) 新しいエネルギー源利用のための投資前調査

潜在エネルギーの利用を目的として、Bahia 州内の特定の河川で、利用見込みがすでに実証されたものを主として調査する。

(h) 電気技術者の養成

発送配電を包括するこれらの計画を実施するにあたって相当数の中堅技術者を動員することが必要なので、これら電気技術者の養成を計画している。

なお、以上 8 項目の所要資金は、1.421 億 2 千万クルセイロである。

Table III - 1 CHESEP 設備概要

1. 発電設備

1) Paulo Afonso 水力発電所

水車

1, 2, 3号	81m, 90 m <sup>3</sup> /s, 200r.p.m.	83,000HP	Dominion Engineering 製
4, 5, 6号	82m, 120 m <sup>3</sup> /s, 200r.p.m.	108,000HP	Allis Chalmer 製1台 Morgan Smith 製2台
7, 8, 9号	82m, 131.5m <sup>3</sup> /s, 200r.p.m.	125,000HP	ASEA 製

発電機

1, 2, 3号	13.8kV, 2560A, 0.98, 200r.p.m.	61,225kVA, 60~, W.H.製
4, 5, 6号	13.8kV, 2910A, 0.95, 200r.p.m.	69,520kVA, 60~, 日立製
7, 8, 9号	13.8kV, 3785A, 200r.p.m.	90,000kVA, 60~, ASEA 製

主要変圧器

1, 2, 3号用	225.5, 220, 214.5, 209, 203.5/13.8kV	1φ22,500kVA 3台, 3バンク	WH 製
4, 5, 6号用	同	上	1φ25,000kVA 3台, 3バンク GE 製 BB 製
7, 8, 9号用	同	上	1φ30,000kVA 3台, 3バンク ASEA 製

2) Cotegipe 火力発電所

1, 2号機	35kg/cm <sup>2</sup> , 435°C, 4,000kW, 3,600r.p.m.
	6,600V, 438A, 0.8, 60~, 5,000kVA
3号機	35kg/cm <sup>2</sup> , 435°C, 12,800kW, 3,600r.p.m.
	6,600V, 1,315A, 0.8, 60~, 15,000kVA

3) Fortaleza 近傍ディーゼル発電設備

18台 合計 26,000kW

4) Bananeiras 水力発電所 3台 合計 9,000kW

2. 変電設備 (230kVのみ記載する)

1) Bongi 変電所 (Recife)

変圧器	203.5kV/13.8kV/6.9kV	33,333kVA	2バンク (230kV側) 5タップ
	203.5kV/60kV	33,333kVA	1バンク (同上)
コンデンサ	15,920kVA 2連,	15,000kVA 2連,	
	30,000kVA 1連,		

2) Angelim 変電所

変圧器	209kV/60kV	18,666kVA	2バンク (230kV側) 5タップ
-----	------------	-----------	-----------------------

3) Matautu 変電所 (Salvador)

変圧器	209kV/11.9kV/8.5kV	20,000kVA/26,667kVA/33,333kVA	1バンク
	203.5kV/60kV	30,000kVA	2バンク (230kV側5タップ)
コンデンサ	20,000kVA 2連		

4) Itabaiana 変電所

変圧器 203.5kV/66kV 18,667kVA 1バンク

5) Bom Nome 変電所

変圧器 225kV/66kV 12,000kVA 1バンク

6) Milagres 変電所

変圧器 230kV/69kV/13.8kV 62,000kVA/30,000kVA/15,100kVA 1バンク  
 230kV/138kV/13.8kV 55,000kVA/50,000kVA/12,500kVA 1バンク

7) Mondubim 変電所 (Fortaleza)

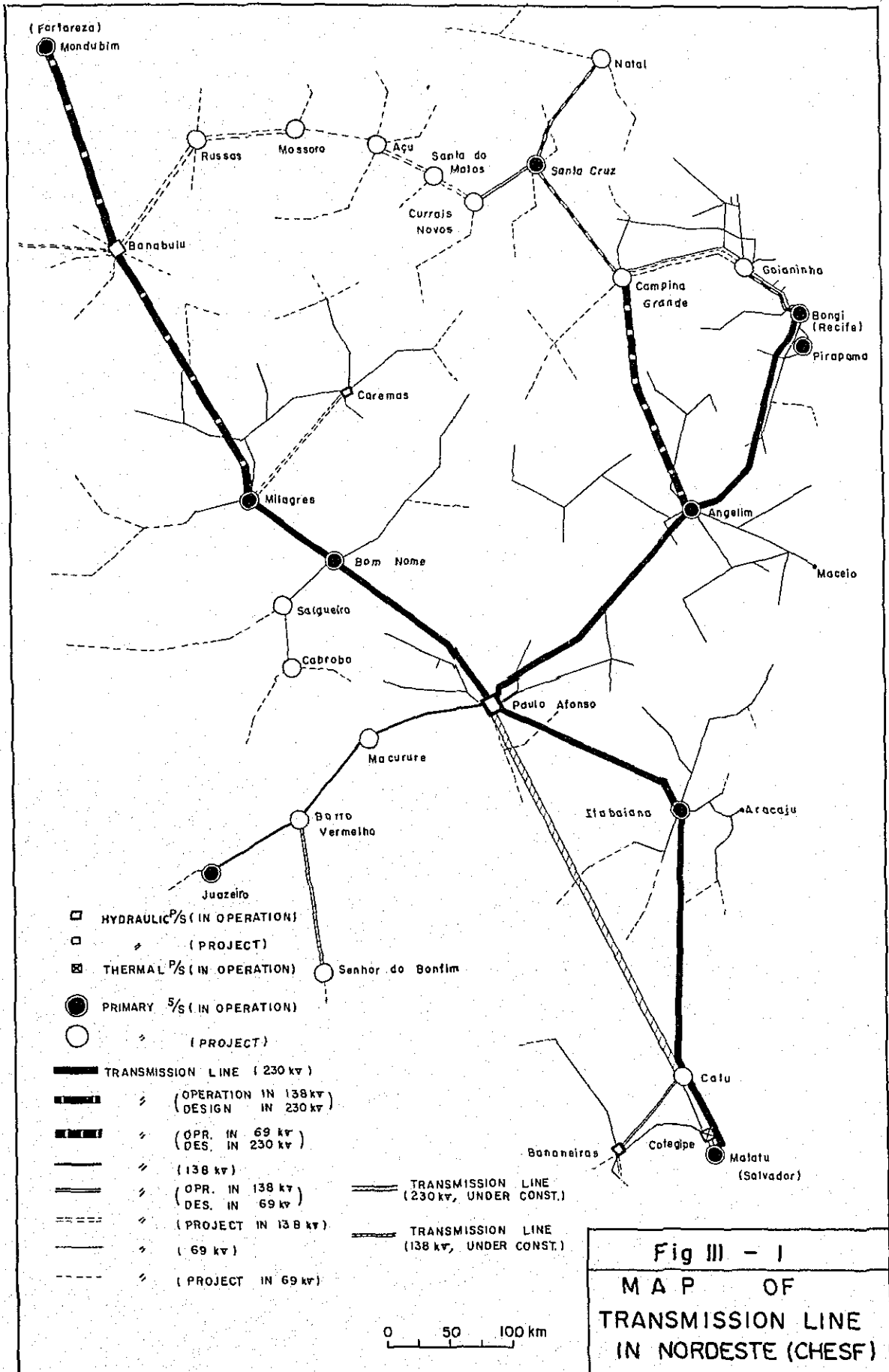
変圧器 135.3, 132, 129.7, 125.4, 122.1/69<sup>kV</sup> 1#20,000kVA 3台

3) 送電設備 (230kVのみ記載)

Paulo Afonso ~ Angelim	636MCM <sup>(注)</sup> ACSR	222 km	2 回線
Angelim ~ Bongi	"	184 km	2 "
Paulo Afonso ~ Matatu	"	456 km	1 "
Itabaiana ~ Matatu	"	238 km	1 "
Paulo Afonso ~ Bom Nome	"	167 km	1 "
Bom Nome ~ Milagres	"	87 km	1 "
Milagres ~ Mondubim	"	398 km	1 "

(138kVで使用)

(注) 3.10mm<sup>2</sup>相当



(Fátima)  
Mondubim

Natal

Russas

Mossoro

Açu

Santa do  
Matos

Santa Cruz

Currais  
Novos

Banabuiu

Campina  
Grande

Goianinha

Bongi  
(Recife)

Pirapama

Caremas

Milagres

Angelim

Bom Nome

Macelo

Salgueiro

Cabrobo

Paulo Afonso

Macurure

Itabaiana

Aracaju

Barro  
Vermelho

Juazeiro

Senhor do Bonfim

Calu

Bananeiras

Cotejipe

Malatu  
(Salvador)

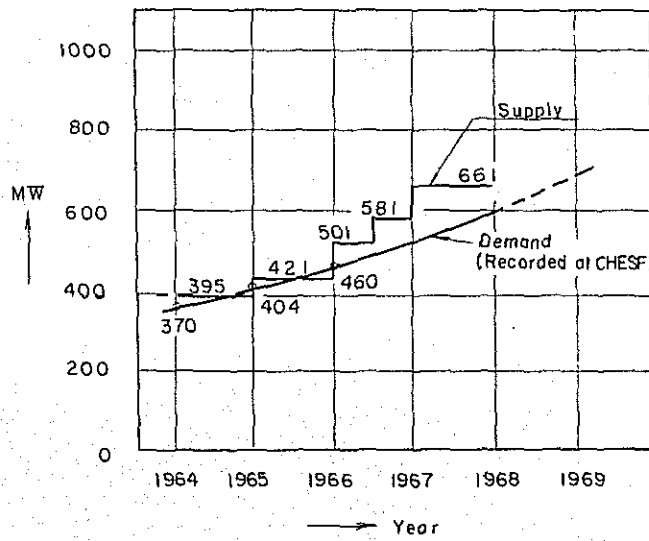


Fig III-2 DEMAND & SUPPLY IN RECENT YEARS

## Paulo Afonso 発電所

São Francisco 河の下流部にて取水する大容量の水力発電所である。現在375,000kWが運転しており、第2期は引き続き工事中である。

60MW × 3 台 } 稼動中

65 " × 3 " }

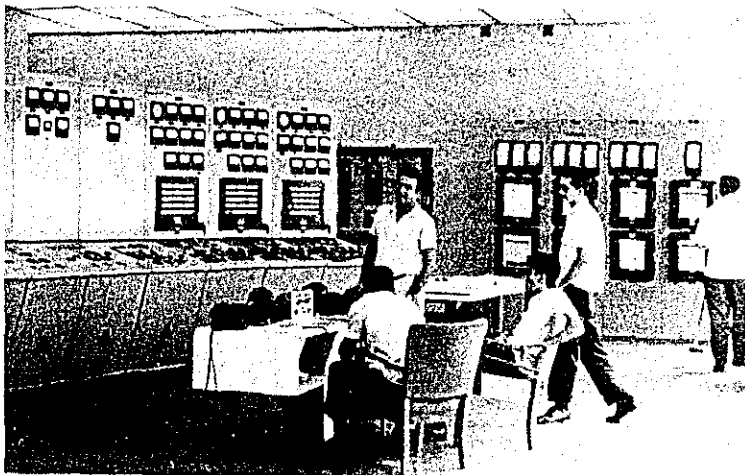
80 " × 3 " .....工事中

150 " × 2 " .....計画(1967年着工予定)

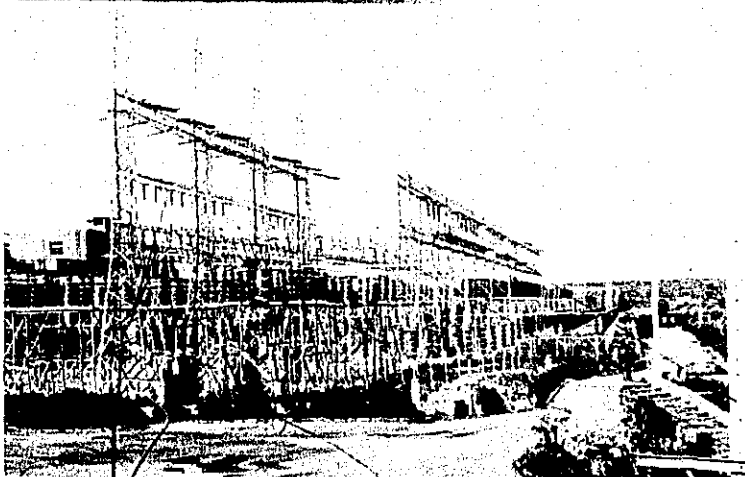
全完成時には915,000kWとなる。



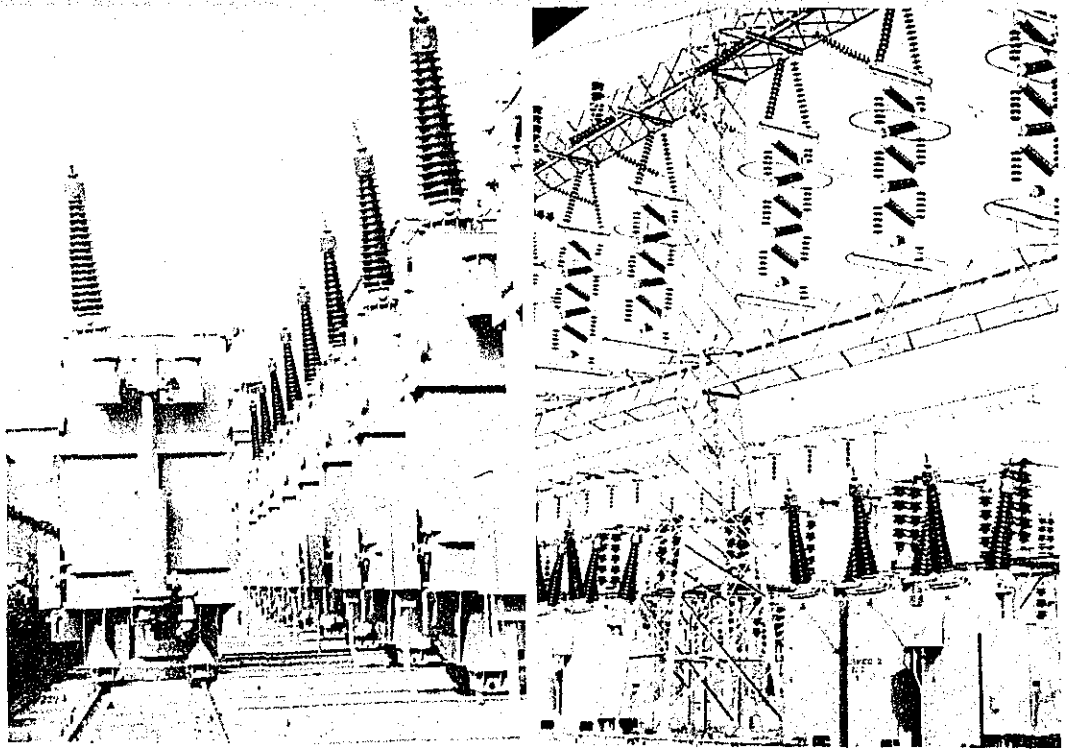
Paulo Afonso 発電所と滝



Paulo Afonso 発電所地上コントロール室



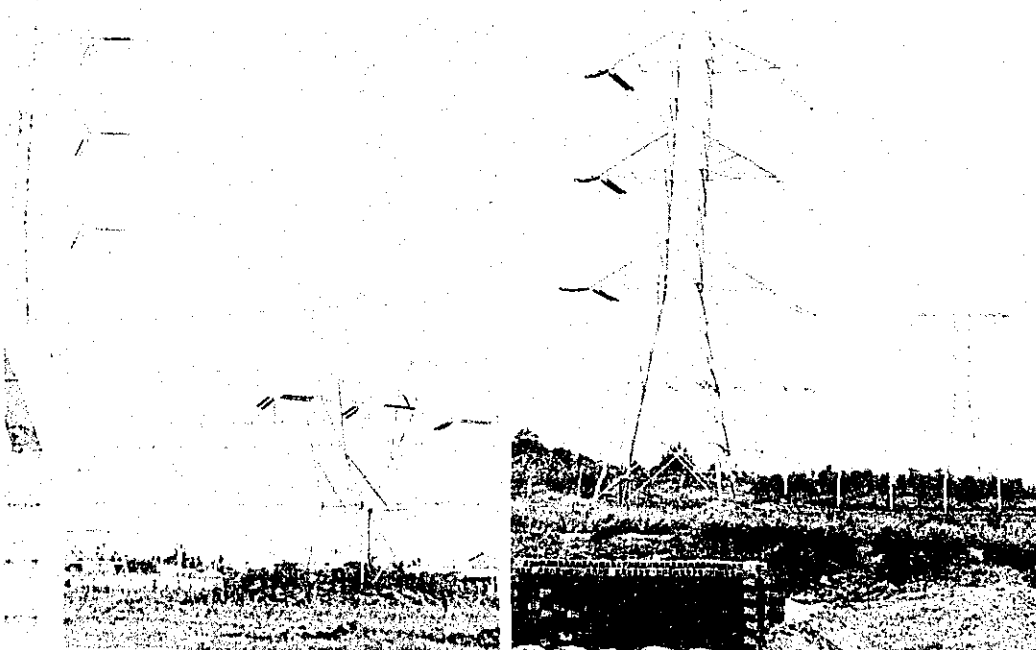
Paulo Afonso 発電所屋外鉄構全景



Paulo Afonso 発電所 昇圧用変圧器 (230 kV) 地上開閉設備 (230 kV)

## Paulo Afonso 発電所

屋外変電所・開閉所



230 kV 送電線

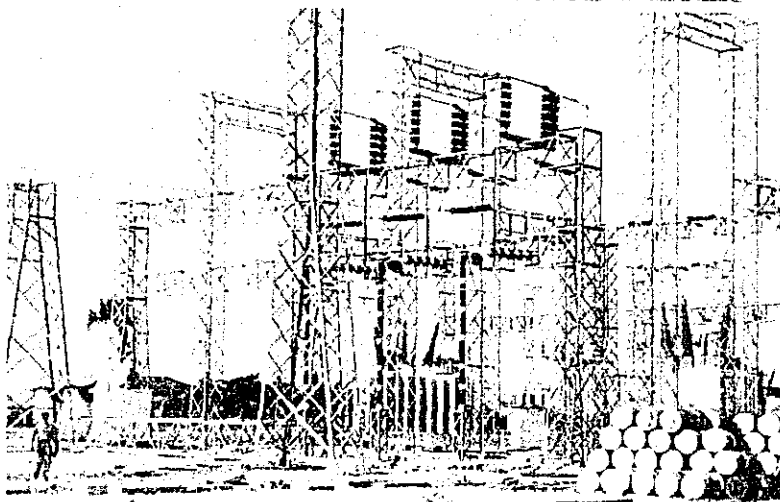
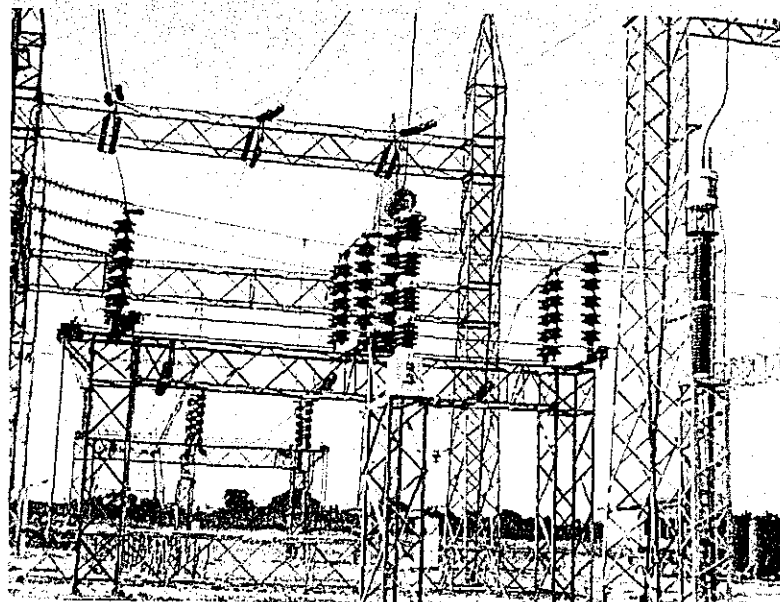
230 kV. 1 回線送電線

230 kV. 2 回線送電線 (左側ガラス碍子)

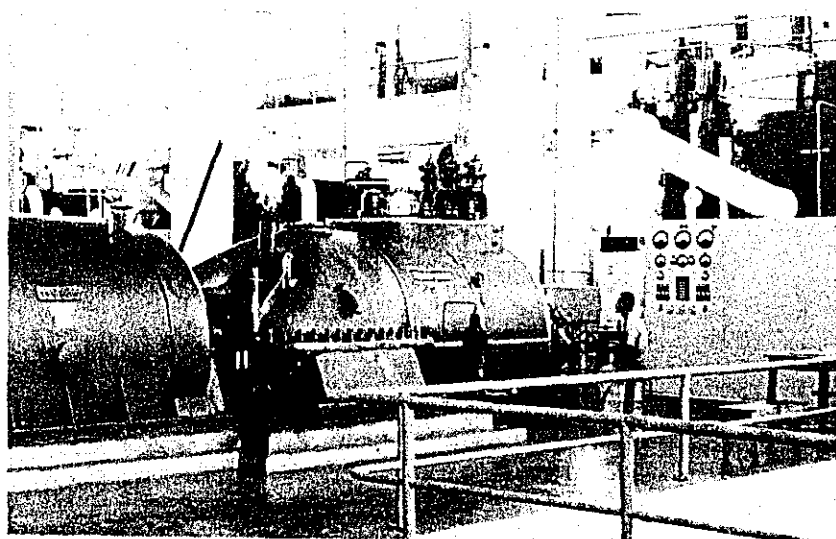


# Itabaiana 変電所

230 kV 系統



Itabaiana 変電所, 230 kV 開閉設備

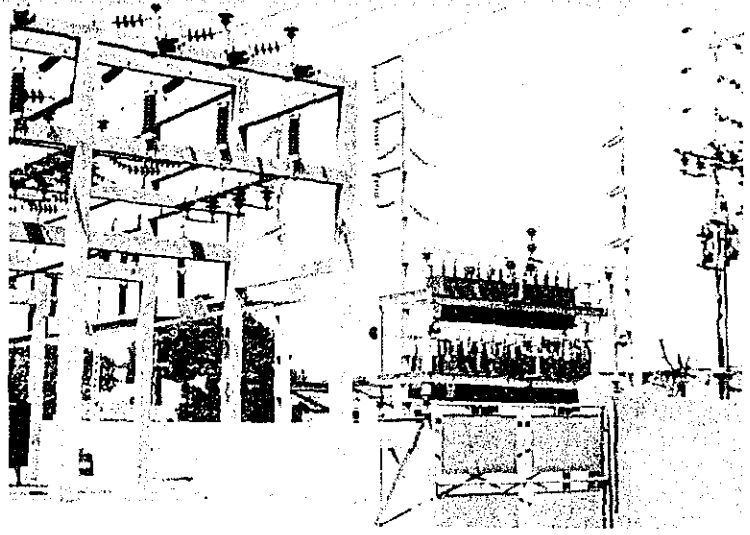


# Cotegipe 火力発電所

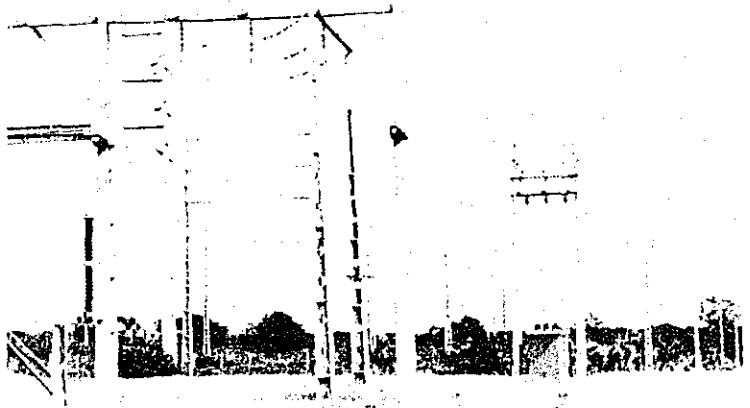
4,000 kW × 2 台  
12,800 " × 1 "

Cotegipe 火力発電所, タービン・発電機

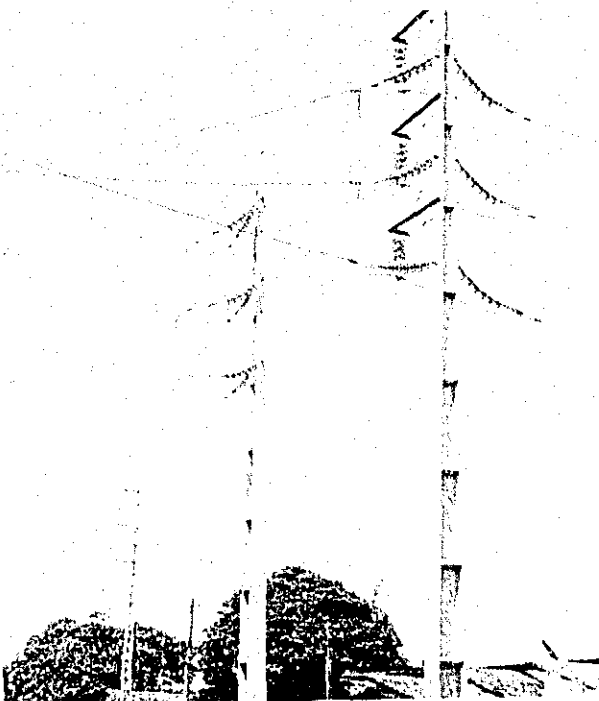
66kV 市内変電所  
(President Kenedy,  
Fortaleza)



66kV 送電線



66kV 送電線, コンクリート柱 (Fortaleza)



66kV 市内送電線  
(Fortaleza)

## IV Nordeste の水力開発計画と 基礎資料

## IV Nordeste の水力開発計画と基礎資料

### IV-1 地 勢

Nordeste の地勢は、いわゆるブラジル高原の東北部にあたり、北方にゆるやかに傾斜した卓状の高原台地がその主体をなしている。この台地は標高 200~500m であって、北部では、巾 100~200km の大西洋沿岸の平野部に連らなっている。Salvador 附近では、直接台地が海岸まで達しており、また Salvador から南の方では再び海岸平野があるが巾がせまく、海岸山脈に連らなっている。

海岸平野は雨が多く、気温、湿度とも高いので、樹木が繁茂し、農地として活用されている。一方内陸に入ると高原台地は大平原となり樹木は生えているが、砂漠一歩手前の広大な原野に山が点々とある程度で、あくまでも卓状高原台地がこの地方の地勢の基調となっている。この大平原は全般に岩盤の土被りが薄い。したがって台地の中央部を流れる São Francisco 河は非常にゆるい勾配で流れながらも処々で岩脈または岩盤の露頭に遭遇し、急流となって流れ、再び大平原を洋々と流下している。

台地と平野との接合点は、いずれも急傾斜あるいは階段状になっているため、河川は、瀑布または急流となって急激に落差を失なって平野部に達している。このはつきりした現象としては、São Francisco 河では Paulo Afonso の大瀑布であり、Ipojuca 河では Primavera 滝となって現われている。また Paraguaçu 河では Bananeiras 付近の急流として存在している。

### IV-2 気 象

Nordeste は熱帯に位置するので、気温は高く、Recife では年平均気温 26°C、最高、最低の気温差は約 13°C、平均湿度 76% となっており、四季を通じてほとんど気温の変化がない (Fig IV-2)。

大西洋沿岸部では降雨が多く、年間 2,000mm に達するが、一旦内陸に入ると雨は少なく、乾燥地帯と呼ばれる地域では年間 400mm 程度に止まると共に、激しい日照による蒸発量は年間 2,000~3,000mm に及ぶことがある。

月別の降雨量は、いわゆる雨季と乾季が判然としていると同時に、内陸と沿岸部とは、その時期が入れ替っている (Fig IV-4)。また台風は全くなく、強い風雨は雷雨時に生ずる小規模で局地的なもののみとされている。

したがって、Nordeste の気象は、地域的な特徴はあるにせよ、年間を通じて変化の少ない単調な現象の繰返してである。

ここに特筆すべきは、台風がないのと同時に、南米大陸の西岸ではしばしば大災害となっている地震が全くないことで、大きな岩塊の上にかたち造られた基盤の安定な地域とされている。

Table IV - 1 調査対象地域の主要観測所における  
月平均の降水量・気温・湿度表

P : Precipitation (mm)  
T : Temperature (°C)  
H : Humidity (%)

番号	観測所名	区分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年	統計期間
1	Santarem	P	173	277	335	328	287	175	104	43	38	48	58	104	1,979	1914~1935
		T	26.4	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	27.0	27.8	27.8	27.2	27.0	1914~1935
		H	85	88	89	89	90	88	84	80	77	75	76	80	83	1914~1935
2	Belém	P	317	413	436	382	265	164	160	113	119	106	94	201	2,770	1931~1960
		T	25.6	25.4	25.4	25.7	26.0	26.0	25.9	26.0	26.0	26.2	26.5	26.2	25.9	1931~1960
		H	92	95	94	94	93	92	92	91	90	89	89	91	92	1882~1918
3	Turiacú	P	141	260	446	425	328	221	182	69	17	10	20	59	2,178	1931~1960
		T	27.0	26.5	26.1	26.1	26.2	25.4	26.0	26.6	27.0	27.3	27.5	26.6	26.6	1931~1960
		H														
4	São Luis	P	196	305	450	406	295	165	130	33	10	10	23	68	2,088	1912~1934
		T	27.0	26.4	26.7	26.7	27.0	27.0	26.7	26.7	27.0	27.2	27.2	27.2	27.0	1912~1934
		H	81	83	83	85	83	81	82	80	78	77	76	78	80	1912~1934
5	Conceicao do Araguaia	P	252	225	256	193	52	10	5	6	46	137	215	246	1,637	1931~1960
		T	24.9	24.8	24.9	25.4	25.6	24.6	24.5	25.5	26.4	25.7	25.3	25.0	25.2	1931~1960
		H	85	88	85	85	79	74	70	66	73	78	81	81	79	1919~1935
6	Boa Vista	P	75	75	80	151	304	365	346	226	110	74	66	69	1,941	※(A)
		T	27.8	27.9	28.2	27.9	26.7	25.9	25.7	26.2	27.8	28.4	28.5	28.0	27.4	(A)
		H														
7	Barra do Oorda	P	170	221	203	155	58	25	18	18	25	64	99	145	1,199	1913~1923
		T	25.7	25.6	25.5	25.6	25.2	26.5	24.3	25.6	27.7	27.9	27.3	26.5	26.0	1913~1923
		H	81	82	82	82	80	75	73	69	68	70	73	78	76	1913~1923
8	Remanso	P	91	66	119	35	12	1	1	0	4	12	80	93	514	1931~1960
		T	27.4	26.6	27.2	27.4	27.0	24.7	25.6	26.0	27.2	28.3	28.0	27.5	27.0	1931~1960
		H														
9	Iguatu	P	89	173	185	160	61	36	5	3	18	18	10	33	787	1911~1935
		T	28.9	27.8	27.5	27.0	26.4	26.4	26.4	27.2	28.6	29.2	29.5	29.5	27.8	1911~1935
		H	64	71	77	78	76	73	63	56	55	53	57	60	65	1911~1935
10	Quixeramobim	P	43	88	171	160	102	39	20	9	4	3	6	16	661	1931~1960
		T	29.0	28.4	27.6	27.1	26.6	25.0	26.9	27.7	28.3	28.6	28.8	29.1	27.9	1931~1960
		H														
11	Natal	P	41	86	183	246	261	285	207	122	46	15	13	19	1,524	1931~1960
		T	27.2	27.3	27.3	26.7	26.0	23.4	24.4	24.4	25.5	26.3	26.7	27.0	26.2	1931~1960
		H	78	79	70	83	84	83	84	81	80	80	78	77	81	1931~1960
12	Recife	P	41	90	188	249	335	315	217	146	62	38	25	44	1,748	1931~1960
		T	27.0	27.1	26.9	26.5	25.6	23.4	24.1	24.1	25.0	25.9	26.4	26.7	25.8	1931~1960
		H	73	76	86	78	79	80	79	78	74	71	71	72	76	1901~1933
13	Porto Nacional	P	273	229	274	150	38	1	2	3	35	142	232	284	1,663	1931~1960
		T	25.2	25.2	25.3	25.9	25.8	24.5	24.6	26.2	27.7	26.9	25.8	25.3	25.7	1931~1960
		H														
14	Ibipetoba	P	127	170	145	51	74	0	0	0	13	36	135	130	879	1926~1935
		T	25.9	25.6	25.0	25.6	24.7	23.1	22.2	23.4	26.1	28.1	27.0	26.4	25.0	1926~1935
		H	76	81	77	76	69	64	61	62	63	67	73	74	70	1926~1935
15	Oacitê	P	121	92	107	68	18	10	10	9	13	58	172	179	857	1931~1960
		T	22.0	22.3	22.4	21.7	20.4	19.3	18.7	19.6	21.6	22.8	22.2	22.1	21.2	1931~1960
		H														
16	Salvador	P	74	78	163	290	298	195	206	112	85	94	143	98	1,637	1931~1960
		T	26.0	26.3	26.3	25.8	24.8	21.3	23.0	22.9	23.6	24.5	25.1	25.6	24.8	1931~1960
		H	80	81	81	83	84	83	82	81	80	81	81	80	81	1911~1935
17	Aracaju	P	43	48	106	160	264	179	163	104	54	51	49	38	1,256	1931~1960
		T	26.4	26.8	26.8	26.4	25.3	23.8	23.7	23.7	24.5	25.3	25.8	26.2	25.4	1931~1960
		H														
18	Cuiaba	P	207	220	208	109	41	7	9	11	33	117	188	173	1,322	1941~1950
		T	26.4	26.2	26.0	25.4	23.9	23.0	22.6	24.8	26.6	26.8	26.7	26.3	25.4	1941~1950
		H														
19	Catalao	P	300	259	224	97	28	8	13	8	58	155	211	378	1,730	1913~1923
		T	22.8	23.1	23.1	22.5	20.9	19.5	20.0	21.1	22.8	23.4	23.1	22.5	22.0	1913~1923
		H	72	79	72	69	73	70	64	61	57	68	75	79	70	1913~1923
20	Belo Horizonte	P	276	190	161	72	22	9	7	9	37	113	217	353	1,468	1931~1960
		T	22.7	22.9	22.3	21.2	19.1	18.0	17.7	19.0	20.8	21.5	21.8	21.7	20.7	1931~1960
		H														
21	Teofiro Otoni	P	191	124	155	114	76	28	30	20	33	102	201	239	1,316	1911~1930
		T	25.6	25.6	25.3	23.9	22.0	21.1	19.7	20.6	22.2	23.9	24.2	24.7	23.4	1911~1930
		H	81	80	80	83	82	82	80	79	79	77	75	77	79	1911~1930

※ (A) 25~28 Years/aus.

出典① OLIMATOLOGICAL NORMALS  
FOR OLIMATE AND OLIMATE SHIP STATIONS  
FOR THE PERIOD 1931~1960.  
WMO/OMM - 4117. TP. 52

② 気象庁：世界の気象

### IV-3 河川の特徴

今回の調査の対象となった河川は、São Francisco 河下流部、Ipojuca 河および Paraguaçu 河の 3 河川であるが、一般論として、当地方の河川、特に大河川（São Francisco 河、Paranaíba 河）を除いた中小河川については、次のような特徴があるといえる。

- (a) 流域面積が大きく、数千 km<sup>2</sup>、数万 km<sup>2</sup> のものが多い（Table IV-2）。
- (b) 単位流域面積当りの流出量は少ない。特に洪水量は、0.1 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> 程度以下である（Table IV-2）。

Table IV-2 中小河川の流域面積と単位洪水量の例

河川名	流域面積(km <sup>2</sup> )	単位洪水量 (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	備考
Contas	52,230	0.091	Uba itaba 地点
Paraguaçu	53,800	0.0846	Bananeiras 地点
Mananguape	4,000	—	
Una	6,000	—	
Ipojuca	3,800	—	

- (c) 雨季、乾季がはっきりしていて、この 2 つの季節の河川流量に大きな差がある。
- (d) 河川の上流部では永久河川となっているものが少なく、乾季には河道にほとんど水がなくなってしまう。
- (e) 地形は、全般に貯水池を造るには有利で、低いダムで大量の水を溜めることができる。

したがって、中小河川では河川流量が少なく季節的变化が激しく、しかも洪水の被害が大きいため治水が必要と考えられる。利水の面では、水の少ない地域では、灌漑用水に優先的に用いられていて、水力としての利用はあまりなされていない。しかし、今後、洪水調整等多目的に開発されるならば、水力資源として大いに利用できるものも潜在している。

つぎに、大河川の特徴として、São Francisco 河について述べるならば、流域面積 620,000 km<sup>2</sup>（日本の約 1.7 倍）と広大で、種々な地域に亘ってその流域をもっているため、流況は安定している（Fig IV-4~IV-7）。Paulo Afonso 地点では、<sup>322,000 km<sup>2</sup></sup> 濁水量 850 m<sup>3</sup>/s、低水量 1,330 m<sup>3</sup>/s、平水量 2,050 m<sup>3</sup>/s、豊水量 3,920 m<sup>3</sup>/s であるが、洪水量は少なく、14,000 m<sup>3</sup>/s（0.023 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>）に過ぎない。

この河川は流量は豊富であるが、容易に落差を得られる地点が少なく、河川の規模が大きすぎるため開発規模も大きくなりすぎる感がある。水力開発のために巨額の投資を強要されることになる。Paulo Afonso の滝は 80 m の天然落差を利用できるので、この河川のなかで最も有利な地点としてすでに 375 MW の水力開発が行なわれ、非常に

Table IV-3 Daily Discharge at Juazeiro along São Francisco River in 1960~1966

DAY	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
1	2,444	4,768	6,460	7,162	3,512	2,444	1,627	1,361	1,143	962	917	1,839	
2	2,420	4,941	6,369	7,045	3,376	2,174	1,604	1,361	1,143	950	905	2,018	
3	2,309	5,021	6,170	7,045	3,229	2,260	1,592	1,349	1,143	950	883	2,199	
4	2,247	5,117	6,244	7,065	3,083	1,898	1,580	1,338	1,132	939	863	2,321	
5	2,150	5,263	5,395	7,084	3,056	1,958	1,569	1,336	1,132	939	863	2,395	
6	2,199	5,312	5,117	7,143	2,978	1,934	1,569	1,315	1,120	917	883	2,708	
7	2,370	5,362	4,831	7,143	2,939	2,054	1,557	1,315	1,109	917	905	2,900	
8	2,594	5,445	4,831	7,182	2,861	2,018	1,557	1,315	1,109	917	905	3,309	
9	3,117	5,529	6,046	7,182	2,784	1,839	1,534	1,280	1,005	917	917	3,185	
10	3,349	5,579	8,488	7,221	2,695	1,839	1,534	1,280	1,086	917	950	4,048	
11	3,595	5,732	6,758	7,228	2,645	1,827	1,534	1,269	1,086	917	984	4,267	
12	3,633	5,767	6,968	7,261	2,582	1,791	1,522	1,257	1,005	917	1,007	4,401	
13	3,890	5,801	5,478	7,261	2,532	1,874	1,511	1,246	1,064	905	1,075	4,552	
14	3,904	5,870	5,647	7,380	2,482	1,862	1,499	1,246	1,064	905	1,120	4,644	
15	3,932	5,940	6,099	7,420	2,432	1,839	1,488	1,234	1,052	905	1,143	4,768	
16	4,048	6,028	6,260	7,182	2,395	1,815	1,488	1,234	1,030	905	1,177	4,831	
17	4,164	6,046	6,242	7,104	2,370	1,615	1,476	1,212	1,018	905	1,234	4,941	
18	4,019	6,134	6,296	6,910	2,321	1,574	1,464	1,212	1,007	905	1,212	4,973	
19	3,861	6,152	6,244	6,720	2,309	1,791	1,464	1,212	996	939	1,166	5,021	
20	3,678	6,188	6,170	6,423	2,284	1,780	1,464	1,212	1,037	1,052	1,166	5,053	
21	3,540	6,242	6,314	5,968	2,284	1,639	1,464	1,200	996	1,064	1,200	5,101	
22	3,403	6,278	6,260	5,545	2,272	1,780	1,455	1,200	996	1,075	1,257	5,133	
23	3,322	6,423	6,442	5,133	2,223	1,627	1,441	1,189	996	1,075	1,305	5,149	
24	3,215	6,350	6,350	4,989	2,119	1,756	1,441	1,177	996	1,075	1,349	5,149	
25	3,162	6,405	6,350	4,768	2,187	1,744	1,430	1,189	996	1,075	1,349	5,069	
26	3,202	6,442	6,571	4,614	2,174	1,580	1,413	1,189	928	1,075	1,384	5,069	
27	3,268	6,460	6,065	4,341	2,162	1,721	1,407	1,177	984	1,030	1,407	4,989	
28	3,339	6,460	6,663	4,048	2,138	1,697	1,395	1,166	984	1,030	1,441	4,941	
29	3,904	6,497	6,400	3,847	2,296	1,674	1,384	1,166	973	973	1,560	4,926	
30	4,120	6,460	6,261	3,650	2,882	1,651	1,372	1,156	950	962	1,780	4,941	
31	4,164	6,280	6,280	2,382	2,382	1,651	1,372	1,163	939	939	1,780	5,005	
AVERAGE	3,309	5,847	6,196	6,302	2,580	1,839	1,491	1,244	1,042	966	1,146	4,198	3,002

STATION ; JUAZEIRO

1960

DAY	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
1	5,069	6,452	6,242	4,799	2,645	2,126	1,604	1,349	1,143	973	1,075	1,418	
2	5,177	6,188	6,206	4,737	2,607	2,114	1,592	1,349	1,120	962	1,075	1,418	
3	5,198	6,188	6,170	4,644	2,569	2,090	1,580	1,349	1,109	939	1,052	1,395	
4	5,247	6,242	6,134	4,492	2,544	2,078	1,557	1,338	1,120	939	1,041	1,315	
5	5,280	6,242	6,099	4,386	2,544	2,054	1,546	1,326	1,098	928	1,030	1,326	
6	5,329	6,278	6,081	4,238	2,544	2,042	1,534	1,326	1,086	928	1,007	1,269	
7	5,296	6,314	6,063	4,077	2,544	2,018	1,534	1,326	1,075	928	984	1,257	
8	5,280	6,332	6,046	3,990	2,544	1,994	1,511	1,326	1,064	939	962	1,234	
9	5,214	6,350	6,028	3,875	2,569	1,970	1,499	1,305	1,064	950	939	1,269	
10	5,133	6,350	6,010	3,776	2,594	1,946	1,476	1,291	1,064	939	939	1,234	
11	4,989	6,369	5,993	3,678	2,645	1,922	1,499	1,291	1,041	939	984	1,200	
12	4,878	6,497	5,940	3,567	2,721	1,910	1,499	1,280	1,075	939	1,030	1,177	
13	4,815	6,497	5,836	3,512	2,739	1,898	1,476	1,280	1,075	939	1,075	1,166	
14	4,862	6,478	5,801	3,430	2,721	1,886	1,476	1,257	1,098	939	984	1,177	
15	4,925	6,515	5,749	3,363	2,683	1,874	1,476	1,257	1,075	928	1,098	1,200	
16	4,958	6,571	5,715	3,309	2,632	1,862	1,476	1,246	1,098	928	1,098	1,200	
17	5,021	6,590	5,683	3,242	2,594	1,840	1,464	1,234	1,075	928	1,064	1,223	
18	5,296	6,627	5,683	3,215	2,557	1,815	1,464	1,212	1,064	917	1,064	1,326	
19	5,395	6,645	5,647	3,188	2,544	1,827	1,441	1,200	1,052	917	1,052	1,534	
20	5,462	6,664	5,613	3,188	2,520	1,768	1,418	1,212	1,052	917	1,052	1,651	
21	5,512	6,683	5,596	3,175	2,494	1,744	1,418	1,234	1,052	917	1,098	1,744	
22	5,784	6,702	5,579	3,149	2,457	1,721	1,407	1,246	1,018	917	1,120	1,791	
23	5,784	6,664	5,545	3,109	2,420	1,721	1,407	1,246	1,018	928	1,116	1,898	
24	5,767	6,608	5,512	3,004	2,395	1,721	1,384	1,246	1,007	939	1,234	2,030	
25	5,784	6,517	5,545	2,939	2,358	1,721	1,372	1,234	996	950	1,223	2,211	
26	5,818	6,442	5,378	2,900	2,309	1,721	1,361	1,223	984	973	1,234	2,396	
27	5,923	6,350	5,230	2,823	2,272	1,699	1,361	1,223	984	984	1,234	2,670	
28	6,028	6,278	5,117	2,764	2,247	1,627	1,361	1,212	984	1,007	1,269	2,797	
29	6,063	6,063	5,021	2,733	2,211	1,615	1,361	1,246	973	1,007	1,338	2,836	
30	6,063	4,941	2,683	2,174	1,615	1,349	1,177	973	1,030	1,384	2,836	2,836	
31	6,117	4,862	2,150	2,150	1,615	1,349	1,177	973	1,030	1,384	2,836	2,746	
AVERAGE	5,402	6,451	5,712	3,534	2,501	1,863	1,458	1,265	1,055	948	1,095	1,076	2,728

STATION ; JUAZEIRO

1961

DAY	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
1	2,582	4,371	5,005	4,327	2,078	1,888	1,651	1,569	871	939	1,546	2,619	
2	2,444	4,327	4,941	4,312	2,390	1,898	1,651	1,569	871	962	1,511	2,519	
3	2,321	4,327	4,846	4,223	2,102	1,815	1,639	1,569	860	950	1,418	1,580	
4	2,223	4,356	4,722	4,164	2,126	1,827	1,639	1,557	849	962	1,246	1,580	
5	2,126	4,401	4,614	4,062	2,138	1,815	1,639	1,557	860	984	1,223	1,557	
6	2,078	4,477	4,942	3,932	2,187	1,827	1,639	1,557	826	996	1,177	1,604	
7	1,982	4,568	4,461	3,776	2,199	1,915	1,686	1,534	849	1,030	1,177	1,697	
8	2,090	4,628	4,091	3,581	2,199	1,803	1,651	1,534	826	1,052	1,166	1,839	
9	2,235	4,722	3,819	3,390	2,199	1,791	1,674	1,534	826	1,052	1,166	1,934	
10	2,469	4,862	3,678	3,215	2,211	1,791	1,697	1,534	804	1,098	1,189	1,982	
11	2,733	4,925	3,540	3,056	2,247	1,791	1,697	1,338	793	1,075	1,200	2,006	
12	2,874	5,133	3,417	3,017	2,309	1,780	1,697	1,223	793	1,109	1,563	2,066	
13	3,149	5,053	3,349	2,810	2,333	1,768	1,674	1,166	793	1,155	1,910	2,138	
14	3,322	5,085	3,188	2,708	2,370	1,756	1,662	1,086	871	1,155	2,199	2,187	
15	3,430	5,101	3,004	2,670	2,382	1,756	1,651	1,041	860	1,155	2,296	2,235	
16	3,471	5,117	2,683	2,607	2,382	1,744	1,639	1,007	883	1,143	2,321	2,272	
17	3,540	5,117	2,670	2,532	2,345	1,733	1,651	1,007	917	1,143	2,296	2,544	
18	3,540	5,101	2,607	2,507	2,309	1,721	1,651	936	939	1,143	2,187	3,096	
19	3,471	5,085	2,645	2,432	2,296	1,697	1,651	973	962	1,223	2,150	3,595	
20	3,458	5,069	2,810	2,395	2,235	1,686	1,639	962	984	1,257	2,090	3,595	
21	3,485	5,021	2,965	2,345	2,211	1,686	1,639	950	1,007	1,291	2,333	4,208	
22	3,650	5,021	3,282	2,321	2,174	1,697	1,527	939	1,030	1,267	2,382	4,446	
23	3,790	5,021	3,363	2,395	2,138	1,709	1,615	939	996	1,234	2,432	4,446	
24	3,961	5,069	3,390	2,272	2,078	1,709	1,615	939	996	1,246	2,645	4,831	
25	4,091	5,069	3,471	2,247	2,042	1,692	1,615	928	996	1,234	2,594	4,988	
26	4,193	5,085	3,595	2,199	1,994	1,697	1,615	905	973	1,326	2,657	5,117	
27	4,267	5,085	3,805	2,174	1,970	1,669	1,604	833	950	1,372	2,432	5,185	
28	4,208	5,069	4,004	2,126	1,946	1,574	1,580	883	950	1,488	2,217	5,217	
29	4,356		4,179	2,114	1,934	1,662	1,530	853	950	1,604	2,078	5,329	
30	4,371		4,267	2,102	1,934	1,651	1,569	871	950	1,651	1,946	5,395	
31	4,386		4,282				1,589	871		1,627		5,462	
AVERAGE	3,235	4,867	3,730	2,934	2,172	1,745	1,639	1,171	901	1,191	1,893	3,205	2,376

STATION : JUAZÉIRO

1962

DAY	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
1	5,512	7,380	5,630	1,827	1,839	1,441	1,361	1,349	1,269	1,212	1,143	1,744	
2	5,596	7,500	5,545	2,030	1,839	1,430	1,349	1,338	1,246	1,189	1,143	1,744	
3	5,630	7,622	5,478	2,006	1,839	1,407	1,338	1,338	1,246	1,177	1,132	1,697	
4	5,749	7,745	5,362	1,970	1,815	1,395	1,338	1,326		1,166	1,132	1,552	
5	5,801	7,869	5,198	1,815	1,791	1,395	1,338	1,326		1,156	1,120	1,592	
6	5,838	8,037	5,021	1,910	1,768	1,395	1,338	1,315		1,155	1,120	1,522	
7	6,260	8,207	4,862	1,886	1,768	1,395	1,338	1,315		1,143	1,120	1,533	
8	5,958	8,401	4,552	1,882	1,580	1,395	1,338	1,315		1,143	1,120	1,407	
9	5,993	9,071	4,327	1,839	1,551	1,395	1,338	1,326	1,246	1,132	1,120	1,326	
10	6,063	8,620	4,179	1,827	1,651	1,384	1,338	1,326	1,246	1,120	1,120	1,315	
11	6,117	8,732	3,847	1,780	1,599	1,384	1,349	1,326	1,234	1,120	1,120	1,234	
12	6,134	8,732	3,650	1,756	1,627	1,384	1,349	1,326	1,234	1,132	1,177	1,223	
13	6,188	8,665	3,363	1,721	1,604	1,384	1,349	1,315	1,223	1,143	1,234	1,189	
14	6,224	8,532	3,322	1,709	1,592	1,395	1,338	1,315	1,223	1,143	1,223	1,159	
15	6,296	8,665	3,122	1,686	1,592	1,395	1,338	1,315	1,223	1,143	1,234	1,234	
16	6,134	7,974	2,900	1,674	1,580	1,395	1,338	1,305	1,223	1,143	1,234	1,155	
17	8,358	7,622	2,939	1,686	1,580	1,395	1,338	1,305	1,212	1,143	1,257	1,143	
18	6,387	7,143	2,900	1,721	1,569	1,395	1,349	1,291	1,212	1,143	1,291	1,132	
19	6,460	6,552	2,949	1,686	1,557	1,372	1,349	1,280	1,212	1,143	1,372	1,166	
20	6,460	6,242	2,823	1,686	1,546	1,376	1,349	1,280	1,212	1,143	1,372	1,120	
21	6,515	5,801	2,733	1,674	1,534	1,376	1,361	1,280	1,212	1,143	1,372	1,095	
22	6,515	5,993	2,632	1,686	1,557	1,384	1,372	1,280	1,212	1,143	1,372	1,120	
23	6,664	5,905	2,514	1,709	1,511	1,384	1,372	1,280	1,212	1,143	1,372	1,223	
24	6,702	5,836	2,469	1,721	1,511	1,384	1,372	1,280	1,212	1,143	1,384	1,280	
25	6,796	5,719	2,469	1,721	1,499	1,395	1,372	1,280	1,212	1,143	1,395	1,391	
26	6,815	5,715	2,370	1,744	1,488	1,395	1,257	1,280	1,212	1,143	1,569	1,488	
27	6,853	5,683	2,169	1,768	1,476	1,384	1,257	1,280	1,212	1,143	1,118	1,697	
28	6,987	5,647	2,284	1,791	1,476	1,384	1,257	1,280	1,212	1,143	1,674	1,339	
29	7,065		2,174	1,815	1,464	1,376	1,257	1,280	1,212	1,143	1,639	2,012	
30	7,261		2,114	1,827	1,453	1,376	1,257	1,269	1,212	1,155	1,697	2,187	
31	7,300		2,078		1,453		1,257	1,269				2,247	
AVERAGE	6,406	7,344	3,491	1,784	1,608	1,392	1,331	1,303	1,223	1,148	1,289	1,446	2,472

STATION : JUAZÉIRO

1963



DAY	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
1	2,333	5,596	6,278	2,695	1,651	1,372	1,234	1,200	1,120	1,064	1,862	3,595
2	2,420	5,749	6,099	2,721	1,604	1,384	1,234	1,200	1,120	1,064	1,958	3,623
3	2,494	5,767	5,956	2,695	1,580	1,364	1,234	1,212	1,120	1,064	2,126	3,664
4	2,557	5,818	5,888	2,594	1,569	1,384	1,234	1,223	1,120	1,064	2,284	3,762
5	2,569	5,923	5,853	2,469	1,557	1,395	1,234	1,234	1,120	1,064	2,494	4,091
6	2,544	5,958	5,836	2,321	1,580	1,395	1,234	1,257	1,120	1,064	2,670	3,947
7	2,444	6,170	5,818	2,223	1,534	1,372	1,234	1,257	1,120	1,064	2,784	3,975
8	2,469	6,242	5,818	2,150	1,499	1,349	1,234	1,257	1,109	1,064	2,823	3,932
9	2,235	6,260	5,940	2,102	1,499	1,349	1,234	1,257	1,109	1,064	2,849	3,861
10	2,150	6,314	5,853	2,078	1,511	1,315	1,234	1,246	1,109	1,064	2,961	3,664
11	2,066	6,571	5,836	2,150	1,534	1,349	1,223	1,234	1,109	1,064	2,874	3,540
12	2,078	6,949	5,749	2,321	1,604	1,349	1,212	1,223	1,109	1,075	2,952	3,540
13	2,102	7,104	5,545	2,557	1,627	1,349	1,223	1,189	1,109	1,064	2,926	3,363
14	2,223	6,937	5,263	3,268	1,627	1,338	1,223	1,155	1,098	1,098	3,030	3,417
15	2,444	6,834	4,799	2,952	1,674	1,269	1,212	1,189	1,098	1,120	3,162	3,664
16	2,507	6,834	4,415	2,926	1,597	1,246	1,212	1,177	1,086	1,166	3,268	3,947
17	2,532	6,872	4,033	2,849	1,721	1,246	1,166	1,166	1,075	1,200	3,403	4,193
18	2,683	6,910	3,706	2,823	1,721	1,246	1,166	1,166	1,075	1,212	3,664	4,371
19	2,810	6,949	2,174	2,695	1,697	1,246	1,166	1,155	1,075	1,223	3,861	4,492
20	3,135	6,987	2,006	2,594	1,674	1,257	1,166	1,155	1,075	1,234	4,048	4,583
21	3,376	7,026	3,083	2,457	1,651	1,269	1,169	1,155	1,075	1,280	4,164	4,614
22	3,512	7,024	2,991	2,272	1,627	1,269	1,166	1,143	1,075	1,384	4,253	4,650
23	3,623	7,104	2,861	2,138	1,569	1,269	1,166	1,132	1,064	1,511	4,282	4,737
24	4,282	7,104	2,823	2,054	1,511	1,269	1,166	1,132	1,064	1,627	4,223	4,722
25	4,583	7,143	2,772	1,946	1,476	1,257	1,166	1,143	1,064	1,697	4,166	4,722
26	4,831	6,987	2,582	1,862	1,453	1,257	1,177	1,120	1,064	1,756	3,947	4,722
27	5,069	6,834	2,457	1,803	1,430	1,237	1,200	1,120	1,075	1,768	3,748	4,737
28	5,345	6,683	2,420	1,803	1,464	1,257	1,212	1,120	1,075	1,768	3,623	4,583
29	5,312	6,460	2,430	1,721	1,488	1,246	1,189	1,120	1,075	1,768	3,567	4,461
30	5,411		2,520	1,674	1,511	1,257	1,189	1,120	1,075	1,768	3,567	4,193
31	5,495		2,594		1,407		1,200	1,120		1,768		3,961

AVERAGE	3,214	6,594	4,271	2,364	1,577	1,307	1,203	1,160	1,093	1,297	3,246	4,107	2,606
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

STATION ; JUAZEIRO

1964

DAY	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
1	3,690	3,790	4,401	6,099	3,861	2,223	1,898	1,768	1,522	1,395	2,444	3,790
2	3,734	3,819	4,522	6,117	3,706	2,223	1,910	1,744	1,522	1,407	2,432	3,975
3	3,734	4,135	4,675	6,170	3,595	2,223	1,886	1,733	1,522	1,395	2,420	4,120
4	3,790	4,253	4,862	6,170	3,485	2,223	1,886	1,721	1,522	1,395	2,370	4,267
5	3,861	4,327	5,021	6,170	3,430	2,223	1,871	1,721	1,522	1,395	2,345	4,341
6	3,918	4,416	5,149	6,170	3,322	2,187	1,862	1,721	1,511	1,407	2,321	4,401
7	3,947	4,492	5,211	6,206	3,242	2,150	1,862	1,721	1,511	1,407	2,358	4,431
8	4,019	4,522	5,280	6,206	3,162	2,126	1,874	1,639	1,511	1,407	2,420	4,461
9	4,120	4,598	5,345	6,221	3,070	2,126	1,886	1,639	1,499	1,453	2,469	4,492
10	4,238	4,628	5,411	6,242	2,991	2,066	1,898	1,639	1,499	1,499	2,607	4,522
11	4,341	4,628	5,445	6,260	2,978	2,054	1,898	1,639	1,499	1,546	2,991	4,552
12	4,446	4,614	5,478	6,278	2,978	2,030	1,910	1,639	1,499	1,580	2,991	4,583
13	4,507	4,628	5,495	6,332	2,939	1,994	1,886	1,697	1,488	1,627	3,403	4,583
14	4,537	4,628	5,529	6,460	2,861	1,982	1,898	1,697	1,476	1,744	2,247	4,583
15	4,568	4,628	5,545	6,534	2,913	1,970	1,862	1,697	1,464	1,862	2,296	4,568
16	4,568	4,628	5,545	6,534	2,874	1,973	1,839	1,662	1,453	1,958	2,272	4,522
17	4,644	4,614	5,545	6,645	2,823	1,958	1,815	1,651	1,453	2,030	3,471	4,461
18	4,675	4,614	5,596	6,645	2,772	1,946	1,791	1,674	1,453	2,066	3,322	4,431
19	4,722	4,614	5,630	6,423	2,695	1,934	1,768	1,586	1,453	2,090	3,149	4,401
20	4,768	4,614	5,630	6,442	2,645	1,946	1,756	1,686	1,453	2,090	3,149	4,371
21	4,799	4,644	5,683	6,242	2,569	1,946	1,756	1,639	1,430	2,054	3,149	4,312
22	4,799	4,644	5,683	6,099	2,494	1,946	1,768	1,627	1,413	1,958	2,900	4,253
23	4,891	4,644	5,749	5,734	2,457	1,934	1,768	1,615	1,407	2,006	2,797	4,149
24	4,878	4,614	5,818	5,679	2,432	1,934	1,815	1,580	1,407	1,934	2,900	4,094
25	4,799	4,522	5,889	5,630	2,370	1,934	1,768	1,592	1,384	1,934	3,017	3,875
26	4,691	4,583	5,898	5,085	2,345	1,922	1,768	1,580	1,384	1,982	3,162	3,762
27	4,522	4,312	5,888	4,831	2,309	1,922	1,753	1,580	1,384	2,066	3,295	3,650
28	4,282	3,734	6,028	4,522	2,260	1,910	1,827	1,580	1,395	2,138	3,390	3,512
29	3,990		6,081	4,522	2,223	1,910	1,827	1,580	1,407	2,235	3,526	3,403
30	3,790		6,063	4,522	2,223	1,910	1,815	1,567	1,384	2,345	3,650	3,322
31	3,692		6,063		2,223			1,557		2,420		3,162

AVERAGE	4,328	4,460	5,489	5,971	2,847	2,027	1,838	1,654	1,461	1,801	2,842	4,170	3,236
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

STATION ; JUAZEIRO

1965

DAY	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
1	3,030	5,545	6,683	5,647	3,162	2,235	1,922	1,910	1,615	1,557	2,223	
2	2,900	5,545	6,720	5,562	3,030	2,223	1,910	1,910	1,651	1,557	2,247	
3	2,772	6,749	6,834	5,149	2,978	2,321	1,934	1,886	1,639	1,557	2,272	
4	2,645	5,784	6,834	4,989	2,300	2,345	1,934	1,886	1,627	1,580	2,345	
5	2,594	5,818	6,968	4,650	2,823	2,296	1,934	1,874	1,615	1,604	2,370	
6	2,544	5,888	7,026	4,481	2,772	2,236	1,922	1,862	1,615	1,627	2,395	
7	2,520	5,958	7,028	4,312	2,772	2,272	1,910	1,815	1,615	1,651	2,420	
8	2,520	5,993	7,143	4,223	2,836	2,296	1,898	1,839	1,615	1,686	2,407	
9	2,544	6,063	7,182	4,193	2,900	2,223	1,886	1,839	1,615	1,721	2,407	
10	2,557	6,117	7,201	4,106	2,978	2,187	1,910	1,839	1,615	1,756	2,395	
11	2,557	6,278	7,221	4,106	3,030	2,247	1,910	1,839	1,615	1,780	2,382	
12	2,557	6,387	7,221	4,106	3,030	2,150	1,827	1,839	1,615	1,803	2,370	
13	2,594	6,387	7,143	4,179	2,939	2,126	1,839	1,839	1,615	1,815	2,370	
14	2,746	6,260	7,143	4,297	2,887	2,247	1,827	1,839	1,615	1,827	2,358	
15	3,017	6,278	6,777	4,371	2,645	2,842	1,374	1,827	1,615	1,827	2,296	
16	3,255	6,278	6,478	4,431	2,746	2,030	1,815	1,815	1,615	1,848	2,296	
17	3,485	6,278	6,170	4,461	2,569	2,078	1,839	1,815	1,615	1,862	2,296	
18	3,706	6,332	5,905	4,477	2,520	2,102	1,362	1,815	1,604	1,852		
19	3,932	6,350	5,715	4,477	2,432	2,054	1,815	1,815	1,604	1,862		
20	4,164	6,350	5,579	4,431	2,395	2,054	1,827	1,803	1,604	1,862		
21	4,293	6,387	5,545	4,356	2,370	2,090	1,827	1,803	1,604	1,839		
22	4,614	6,423	5,579	4,312	2,370	2,090	1,827	1,803	1,592	1,886		
23	4,925	6,460	5,613	4,223	2,395	2,114	1,839	1,803	1,592	1,910		
24	4,925	6,497	5,683	4,106	2,395	2,018	1,850	1,791	1,580	1,934		
25	5,037	6,534	5,715	3,975	2,395	1,994	1,862	1,780	1,557	2,006		
26	5,133	6,571	5,749	3,819	2,395	1,370	1,874	1,768	1,534	2,034		
27	5,214	6,608	5,784	3,650	2,395	1,946	1,886	1,756	1,534	2,102		
28	5,296	6,645	5,801	3,512	2,370	1,346	1,898	1,756	1,488	2,126		
29	5,345		5,801	3,336	2,272	1,958	1,910	1,733	1,511	2,126		
30	5,345		5,749	3,295	2,272	1,346	1,922	1,697	1,511	2,126		
31	5,428				2,272		1,910	1,552		2,199		
AVERAGE	3,682	6,206	6,400	4,307	2,653	2,130	1,877	1,815	1,595	1,637	2,344	3,170

STATION : JUAZRIBO

1966

安価な電力を供給している。しかしこのような特別な地点は、他にあまりなく、将来大河川に開発される地点の発電コストは先行投資をともなつて割高となることが予想される。

#### IV-4 水力開発計画と揚水発電の提唱

前述のような河川の特徴から、中小河川は多目的開発の見地からのみ水力発電が考えられ、単独開発のケースでは期待薄である。大河川は、ある特定の地点を除いてはコスト高ではあるが、豊富な水量によって膨大な包蔵水力をもっている。

現在では Paulo Afonso 発電所第 II - 2 期工事が 1967 年度中に完成し運転に入り合計 615 MW を発電することになる。さらに 1971 年を目標に第三期の工事に着手しようとしている。この工事が完成すると、Paulo Afonso 発電所は 915 MW の発電が可能となると同時に、水車の使用水量は  $1,250 \text{ m}^3/\text{s}$  となり、貯水池等により河川流量を季節的に調整しなければならない限界の流量に達することになる。

Paulo Afonso 発電所をさらに増設するためには、Três Marias 貯水池での流量調節ではもはやおよばず、Sobradinho, Itaparica 地点に大規模なダムを築き、貯水池を設けて河川流量の季節的調節を行なわない限り、Paulo Afonso 滝の落差は有効に利用できないのである。

São Francisco 河流域開発委員会 (CVSF) は、その検討項目として、São Francisco 河の流量の有効利用を考え、Paulo Afonso の上、下流に一連のダム建設を計画し、広大な沃野の灌漑と水力発電のために河川流量の 90% 利用を計っている。この計画によれば、水力発電として 6 ヶ地点、出力合計 12,000 MW が計上されている (Table IV-4)。これらはいずれも負荷率 50% として計画され、年間流量をほとんど平均化できるとしている。

Table IV-4 水力地点計画一覧表

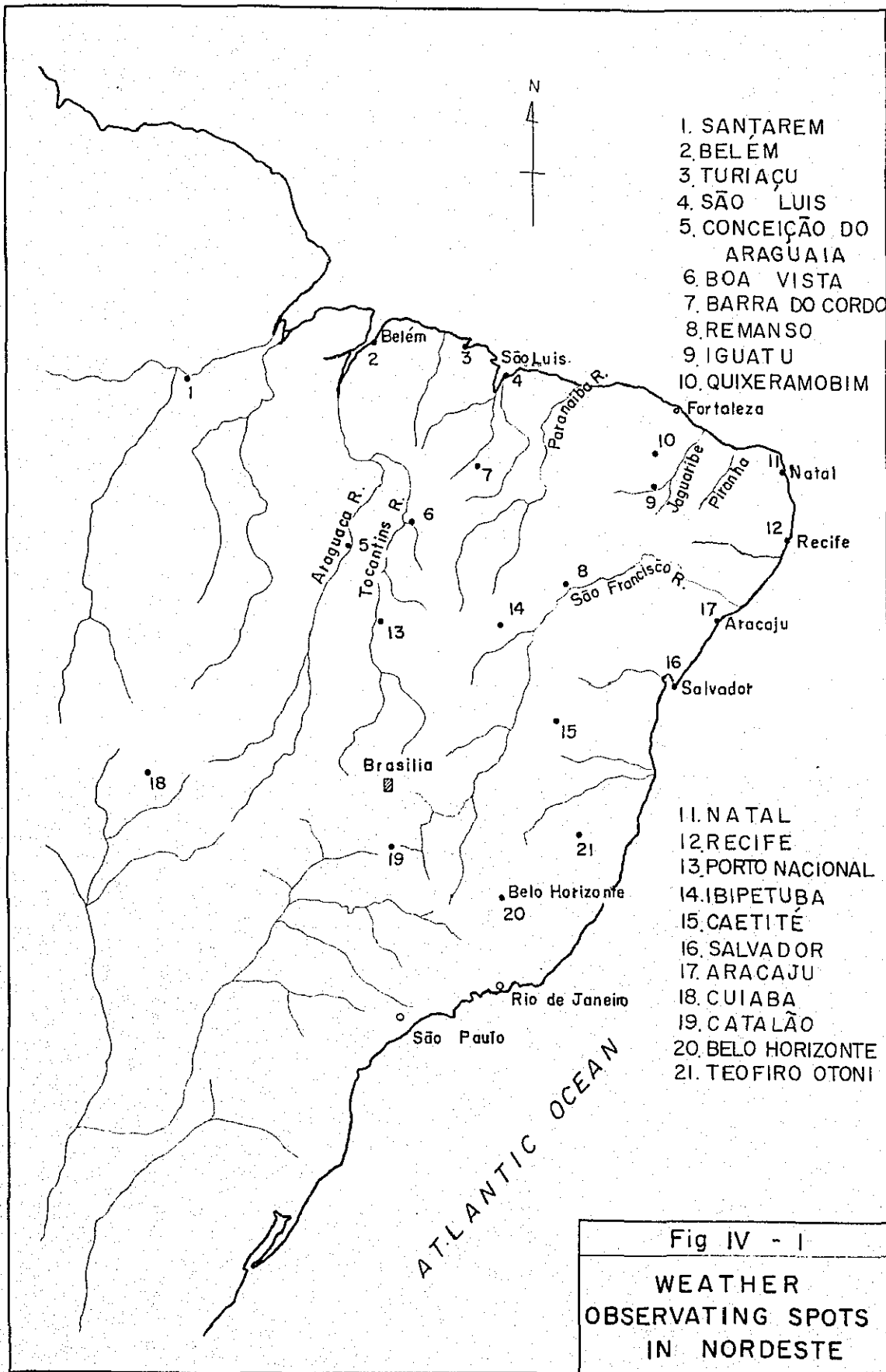
発電所名	出力 (kW)	負荷率 (%)	備考
Xingo	4,253,860	50	
Paulo Afonso	3,190,394	50	375MW 稼働 240MW 工事中
Itaparica	2,455,636	50	
Ibo	674,200	50	
Oroco	661,320	50	
Sobradinho	889,474	50	
計	12,124,884		

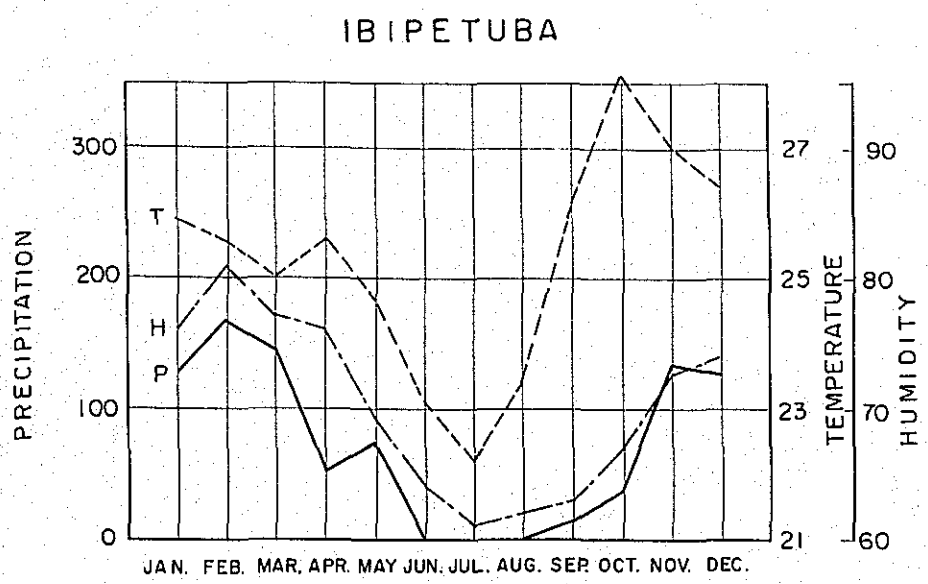
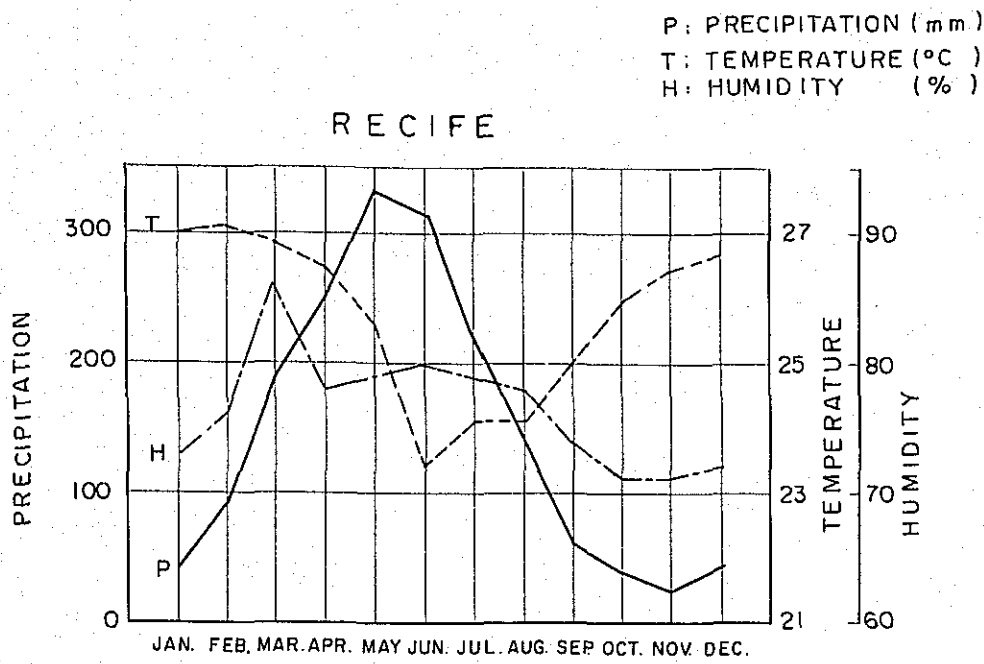
III-5で述べたとおり Nordeste の需要は急増の傾向にあるとはいうものの、大規模開発によるメリットを期待するほどでなく、したがって需要の規模に合致しない大規模な設備を開発しなければならない現状にある。

ここで再び河川の水力資源としての特性を確認するならば、大河川は豊富な水量により流れ込み方式による安い電力が大量に生産できる。しかし調整能力をもたせるには河川規模が大きいだけにダムの建設費が膨大なため、設備容量のいかににかかわらず大きな投資額を必要とし、需要に合致した開発を経済的行なうことが困難である。一方中小河川は地形的にはかなり思われていて、小さなダムで大量の水を溜めることができるが、河川に肝心の流量がない。

以上のように整理されるこの2つの特徴を合せ考えるならば、需要地に近いところで中小河川に揚水式発電所を建設することは、まことに適切であるといえる。その利点をあげると、

- (a) 揚水発電はオフ・ピーク時の余剰電源の有効利用によってピーク需要をまかなうことができる。
- (b) 大河川で行なうべき貯水池式発電所（コスト割高）の建設着手の時期を遅らせることができる。したがって、電力消費量が大きくなった時期に貯水池式の発電所の建設が行なわれることになり、建設規模と需要規模とが合致しやすいことになる。





**Fig IV - 2 CHANGE OF PRECIPITATION, TEMPERATURE AND HUMIDITY AT RECIFE SALVADOR AND IBIPETUBA**

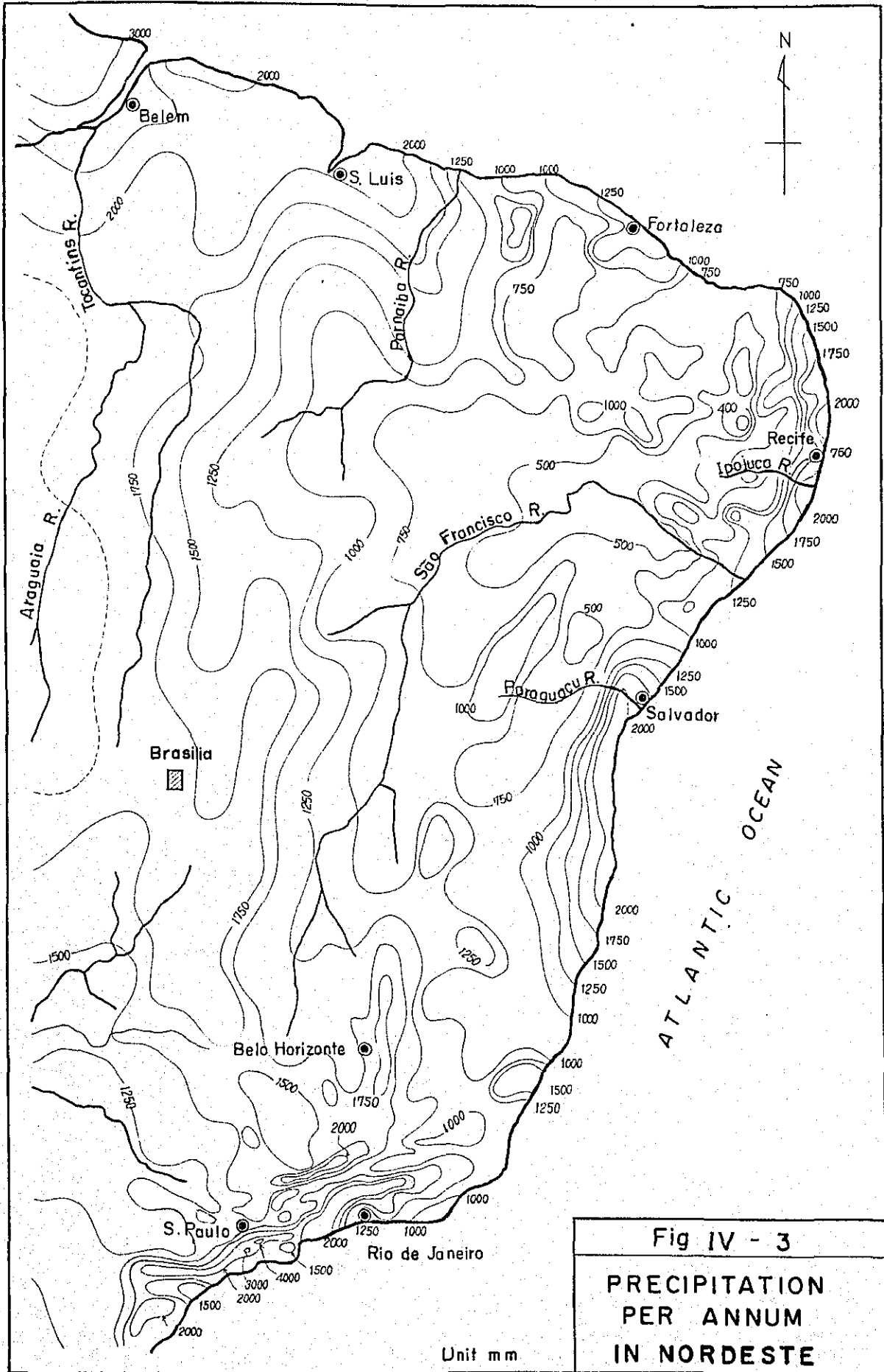


Fig IV - 3  
 PRECIPITATION  
 PER ANNUM  
 IN NORDESTE

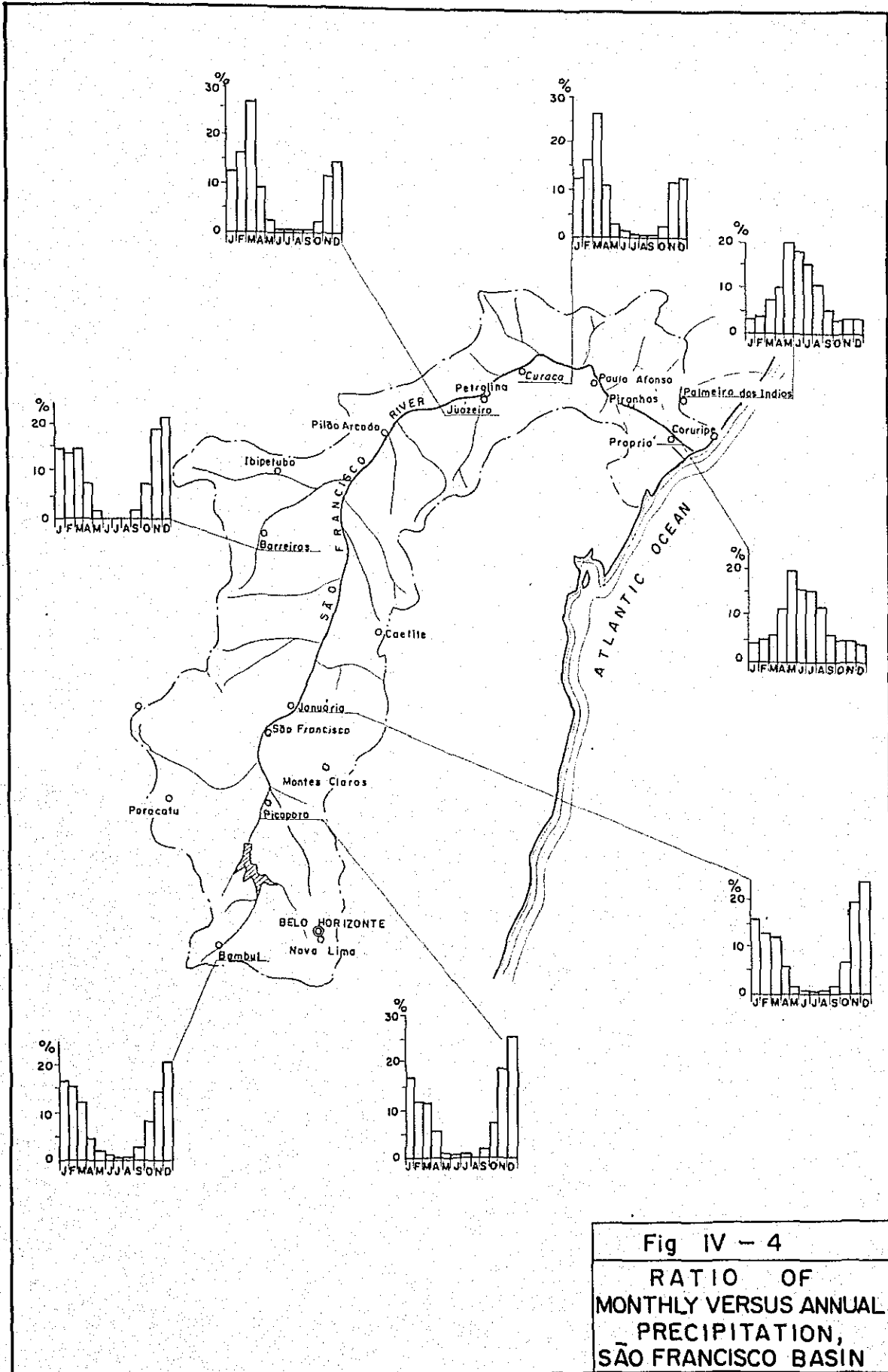
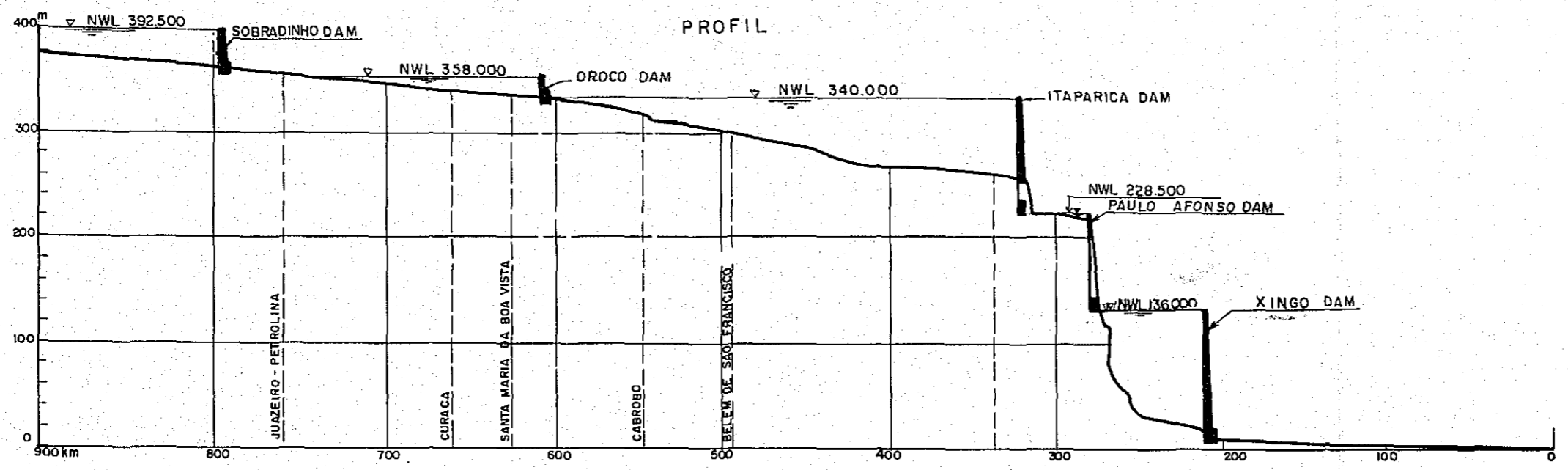
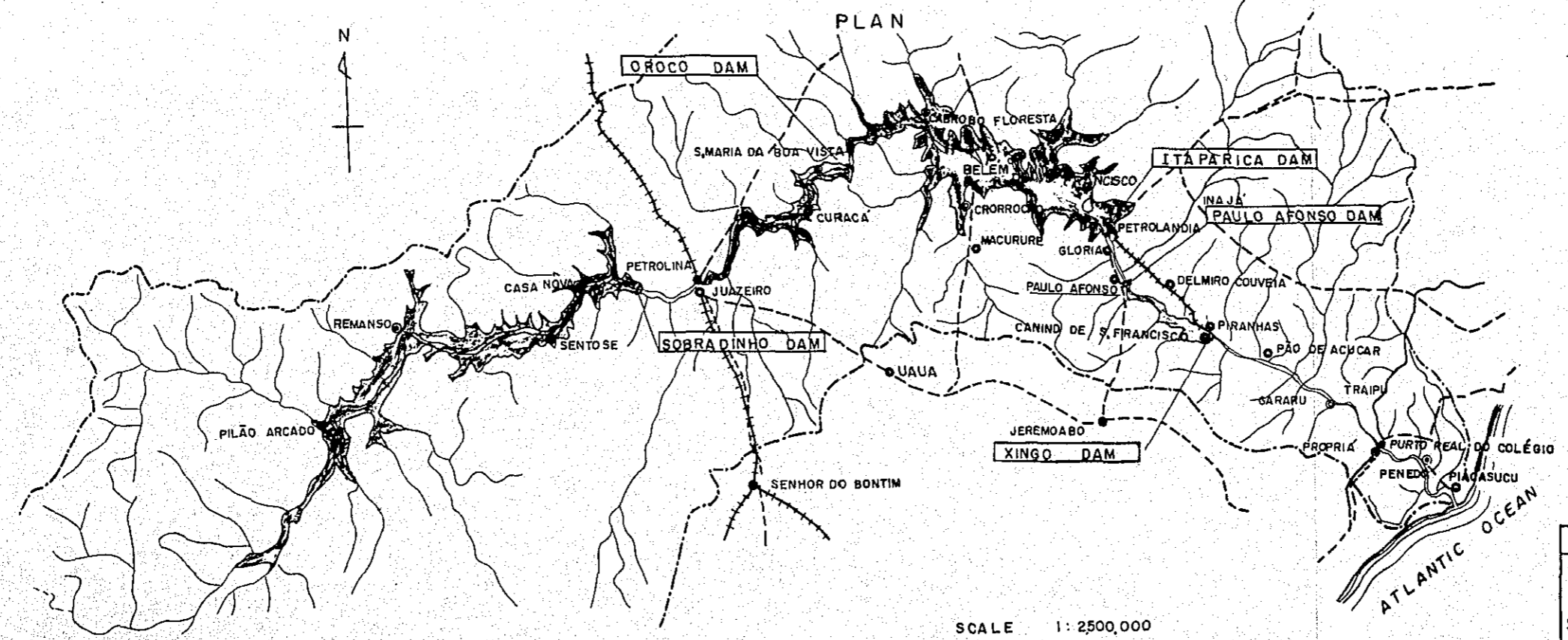


Fig IV - 4  
 RATIO OF  
 MONTHLY VERSUS ANNUAL  
 PRECIPITATION,  
 SÃO FRANCISCO BASIN





- LEGEND**
- ROAD
  - - - BOUNDARY - LINE OF STATE
  - ++++ RAILWAY
  - RESERVOIR
  - CITY TOWN



**Fig IV - 5**  
**GENERAL PLAN**  
**OF LOWER**  
**SAO FRANCISCO RIVER**

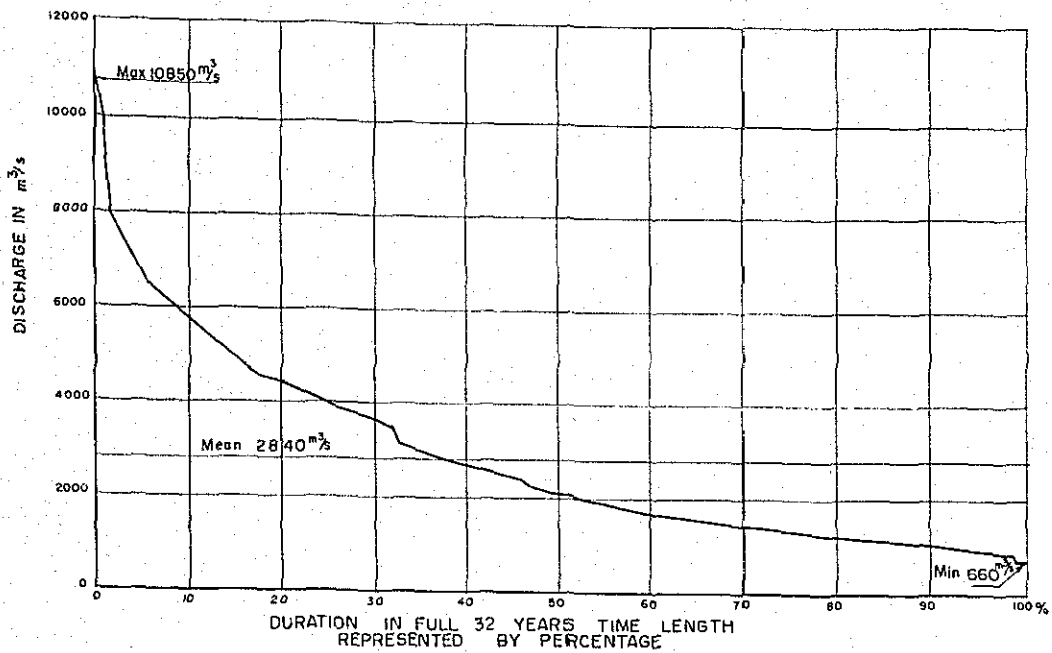


Fig IV - 6 DISCHARGE-DURATION CURVE AT PETROLÂNDIA (PAULO AFONSO) ALONG SÃO FRANCISCO RIVER FROM MAY 1929 APRIL 1960

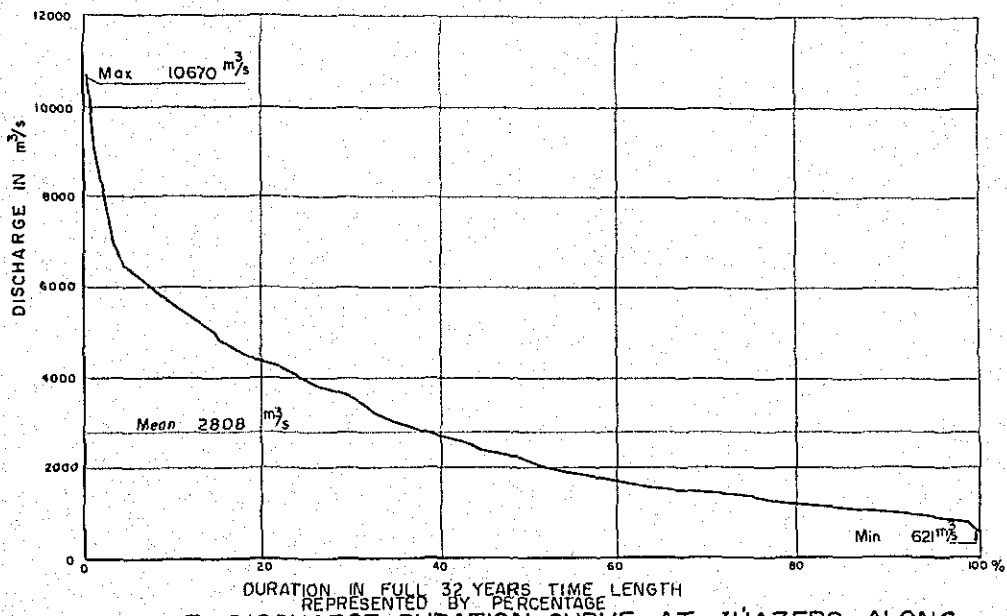


Fig IV - 7 DISCHARGE-DURATION CURVE AT JUAZERO ALONG SÃO FRANCISCO RIVER FROM MAY 1929 TO APRIL 1960

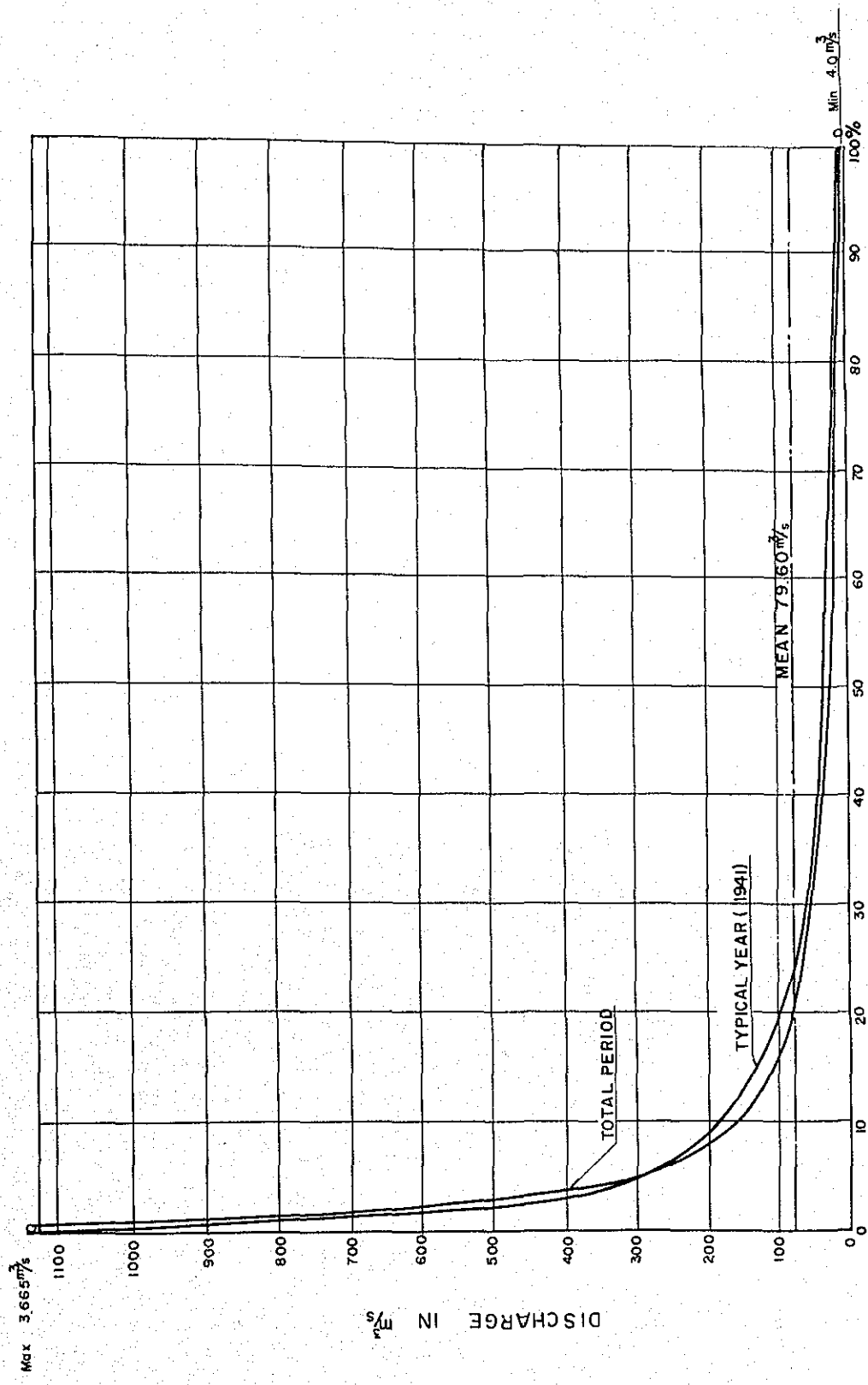
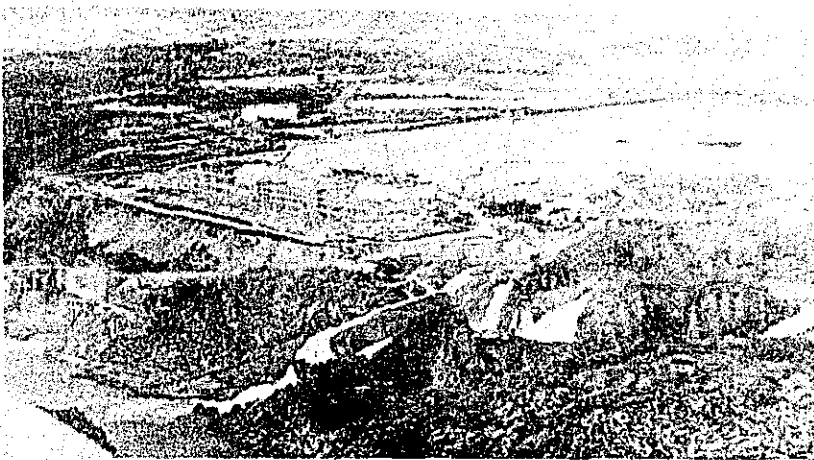


Fig IV - 8 DISCHARGE DURATION CURVE AT TIMBORA ALONG PARAGUACU RIVER FROM 1941 TO 1962

Paulo Afonso  
ダムと発電所



取水ダム



大瀑布と発電所



取水口と屋外鉄構

Sobradinho 計画地点



### São Francisco 河中流部の計画地点

- Sobradinho 計画 (Paulo Afonso の上流)
- Itaparica 計画 (Paulo Afonso の上流)
- Xingo 計画 (Paulo Afonso の下流)

Itaparica 計画地点



Xingo 計画地点



大平原を蛇行する São Francisco 河



## V Nordeste における揚水発電の 必要性とその計画

## V Nordesteにおける揚水発電の必要性和その計画

### V-1 揚水発電方式の特徴とNordesteへの適用

揚水発電方式というのは、実用に供されている発電方式のうちで、他の動力源に依存して電力供給を行なう点で、独特のものである。つまり、揚水発電所は一種のエネルギー貯蔵設備で、下部貯水池から上部貯水池へポンプで水を揚げ、価値の低いオフ・ピーク時の電力を貯蔵しておき、ピーク時に上部貯水池から貯溜分を落し、タービンを使って高い価値の発電を行なうものである。たとえ常時河川に流水がなくても、一度貯水池を満水することができるならば、その後は漏水と蒸発分を補給するだけの水量があればよいこととなる。その上に自然流入量があれば、これによる発電も同一設備で共用して行なえるからそれだけ経済的である。

近年可逆ポンプ水車が開発され、一つの機械をポンプと水車に兼用することにより、設備費の減少が可能となつて、揚水発電の経済性が急激に高まり、今や大容量の揚水発電が世界の電力界を風靡しつつある。

Nordesteにおける電源は水力がその大部分を占めているが、これらには現在日調整能力がなく、将来もこれをもたせることはかなり困難であると思われる。このことは、水資源にまだまだ余裕のある現時点では痛切に感じられないが、将来水資源の有効利用の必要性に迫られる時、重要な問題となるであろう。

このため相当多額の投資を覚悟の上で、São Francisco河上流に調整能力をもつ貯水池式地点を開発することが可能かも知れないが、一方揚水発電を導入することにより、これに調整能力を肩替わりさせることが比較的容易に可能であり、このことから当地域における電源開発方式の将来のあり方として、揚水発電方式との併用が賢明と考えられる。

Nordesteの電力は、常時供給力を持った水力電源により供給されている。一方需要はV-2に述べるように、日または週負荷率が50～60%であるから、現在または近い将来において軽負荷時無効に放流される余剰水力エネルギーが存在する。この余剰水力エネルギーを揚水に利用する場合は、揚水用電力がほとんど増分経費なしに得られるので、揚水発電によるピーク供給力の経済的メリットは火力、原子力と組合せる場合よりいちじるしく大となる。

以上の他、Nordesteにおける揚水発電の電力供給面からみた適応性は、つぎのとおりである。

(I) 電力需給全体からみて、揚水発電を附加することは、現在軽負荷時無効に放流されている水力エネルギーを経済的に有効利用することになる。すなわち、貯水池式地点開発に比べて揚水発電地点は、割安に開発しうる可能性を持っている。

(II) Nordesteの現系統のように負荷に速く隔って電源が存在する場合は、送電経費の

電力原価に占める割合が大となるが、負荷地域の近傍に揚水発電所を建設すれば、ピーク時の揚水発電相当分をオフ・ピーク時に送電することとなり送電線の利用率の向上によって、新增設を必要とする送電線が短かくて済み、また、送電線建設の延期が可能となり、送電コストの減少を計ることができる。

注) 例えば Paulo Afonso 発電所から Recife 向け 230kV 送電線の利用率は現在 50%<sup>(1)</sup>

台であるが、今後の必要増分電源を当面揚水発電でまかない、これを Recife 地区に集中するものとすれば、同送電線利用率は 70%台<sup>(2)</sup>まで向上が可能である。

(ii) 揚水発電所を負荷近傍に持つことにより、その負荷に対する供給信頼度の向上が期待できる。すなわち負荷が、近傍に存在する大容量発電所から供給される場合、系統設備中最大事故確率をもつ架空送電線の距離が縮少され、設備事故による電源脱落頻度が減少する。さらに全系から見て、Paulo Afonso 発電所以外に大電源を分散配置することは、一ヵ所事故による電源脱落の大規模化の防止に寄与する。例えば、現系統においては Paulo Afonso に電源の大部分が集中しているから、Paulo Afonso 変電所における 230kV 母線事故はこの系統につながる Nordeste 全地域にわたる停電事故を意味するし、Recife, Paulo Afonso 発電所間 230kV 送電線は 3 回線化され、全回線同時事故は極めて稀となったとしても、なお、Angelim 変電所 230kV 母線事故により、Recife 地区の全停電は避けることはできない。

しかるに Recife 近傍に発電所を持つ場合、上記のような事故により Paulo Afonso からの供給が一時的に絶たれても、事故復旧に要する時間中は少なくとも揚水発電所により供給を続けることが可能となる。

(iii) 長距離送電系統においては系統安定度および電圧変動が問題となるが、負荷近傍にある発電所はこれを解決する効果が大である。

一般に定態時における電圧変動は受電端に設備した調相設備または負荷時電圧調整器により補償が可能であり、ある程度の投資で解決ができるが、過渡時には同期調相機にたよる以外方法はなく、このため現在受電端一次変電所において同期調相機を運転し、電圧保持が努められている。しかしなお絶対量が不足し、需要家または都市配電会社からの電圧降下あるいは、フリッカに関する苦情が相当きかれるようである。この解決策として、必要な同期調相機を増設して、電圧変動を完全に補償することは理想的であるが、実際には不経済で、実施困難である。したがって、受電端近傍に大容量発電機を並入し、これを無効電力供給源として共用することとすれば、定態・過渡安定時に必要な調相設備の節減が可能となり、あわせて電圧保持の効果が大きい。

(1) 1965年9月第2週実績 (Fig V-1 参照)

(2) 全系容量 930MW, 揚水発電 240MW の時の例 (Fig V-8 参照)



## V-2 電力需要の現状と将来

揚水発電計画を立てる前に、利用しうる余剰電力がどの程度のものかを知るため、CHESF供給区域における負荷の実績を調査分析し、将来の推定を行なうこととする。

### V-2-1 週間の負荷変動状況

CHESF 230 kV 系統につながる全系の負荷実績のうち、1965年9月、11月および1966年9月各第2週の時間的変動状況を Fig V-1 ~ V-3<sup>(1)</sup>に示す。

本図は Paulo Afonso 水力発電所以外に Salvador, Fortaleza 地区において系統に連繫されている水力および火力の発電電力実績を集計したもので、純負荷に送変配電損失を加えたものに等しい。本図から3本の典型的なカーブを見ることができ、すなわち、

#### (I) 平日負荷(月曜日~金曜日)

このカーブは6時頃から緩やかな立上りを示し、12時わずかに減少し、18時頃の点灯開始時、その日の最大を示す。

#### (II) 土曜日負荷

多くの需要家が全休または少なくとも半日休業となり、午後の負荷曲線は休日なみとなる。

#### (III) 日曜日負荷

全日休業となり日中負荷は上らず、点灯時に負荷は急激に上昇する。

負荷率<sup>(2)</sup>は同図内に記したように休日を除き60%台、休日・週間で60%を割っている。これは比較的工業の占める割合の大な系統に比べ小さく、今後工業を主とした昼間負荷の開発に努め、負荷率を上昇させることを考えねばならない。

Fig V-4 は Fig V-1 に示した負荷曲線の毎時負荷の値にしたがって再配列を行なった、いわゆる日間負荷継続曲線で以下この種曲線を使用するものとする。

### V-2-2 年間の負荷変動状況

年間各シーズンの負荷変動状況を Fig V-5 に示す。本図は前項と同じく CHESF 230 kV 系統につながる全負荷実績のうち、1965年各奇数月第2週の週間負荷継続曲線を示す。11月を除き年間ほぼ同一の傾向を示しているのが明らかである。

この事実は南部ブラジルなどの比較的四季の差が判然とする地域には見られないことで、このことは、電力需給計画に非常な便宜を与えてくれる。すなわち当地域における需給計画に当っては、年間のある月を代表月とし、これに対する計画を完成すれば年間各月の検討が極く尽されることを示している。

### V-2-3 過去における負荷形態の変動状況

1962年~1966年における前項と同じく、230 kV 系につながる負荷の各年第

(1) Fig V-1およびV-3中9月7日に相当する負荷曲線は祭日のため休日と同一のカーブを描いている。

(2) 日間(週間)負荷率=日間(週間)平均電力/日間(週間)最大電力

2週週間継続曲線をFig V-6に示す。本図から明らかなように、各年の曲線は特に相違するものでなく、ほぼ一様な増加を示している。今後負荷形態が如何なる形に推移するかの手がかりは何らなく、過去からの推移状況が将来継続するという保証もないが、ここではこれら負荷継続曲線が比例的に将来拡大してゆくものと仮定する。

#### V-2-4 代表的な負荷曲線の選定

以上の資料からの考察により、われわれは将来の需給計画を行なうに当り、各年の負荷の形態は平日、土曜日、休日の3本の代表曲線に表わし得ることが判った。よってある代表年において、3本の代表曲線を設定し、将来の負荷形態もこの曲線が比例的に伸長するとの仮定の下に将来各年の負荷形態を想定することとする。

Fig V-7は先にFig V-1で示した1965年9月第2週の実績負荷曲線から抽出した代表継続曲線で、さらに今後の検討に便なように同図太線で示す折線で近似的に表すこととする。

### V-3 揚水発電容量について

一般に電源開発計画においては、将来の需要想定の下に今後の増分需要に必要な増分電源を諸々の制約の下に最経済的に開発する方法を求めるとい手法がとられる。

しかし我々の調査結果では当地域全体における電力需要の絶対値は比較的小さく急激に工場誘致が行なわれようとしている現状で、未だ需要想定が相当の精度で的中する段階ではないと考えられた。したがって、このような段階では、将来いつ揚水発電を運転開始すべきかという立場に立つよりも、現在の電源設備に対しこれにより生ずる余剰電力をフルに使用した場合、系統に揚水電源をどの程度許容できるかという立場から計画を検討した方が賢明であり現実的であるといえる。これにより毎年数年後の需要想定を修正しそれに見合った揚水発電を開発することが可能である。

#### V-3-1 揚水発電容量240MW案

現在工事中のPaulo Afonso発電所Ⅱ-2期増設工事分(3×80MW)を含めたCHESF 230kV系に連系される電源設備容量はTable V-1に示すとおりである。すなわち揚水発電に利用されうるベース電源は619 MWである。

Table V-1 CHESF 230kV系統に連系される発電設備

(1967年末予定)

NAME	BASE SOURCE	MAX. CAPACITY	NOTICE
PAULO AFONSO I	60MW × 3	60MW × 3	
PAULO AFONSO II	65 × 3	82 × 3 *	* OVER LOAD FOR 2 HOURS
PAULO AFONSO III	80 × 3	90 × 3 **	** INSTALLED CAPACITY
BANANEIRAS	4	9 **	*** CAN BE OPERATED CONTINUOUSLY BUT CONSIDERED ONLY ON PEAKING TIME.
COTEGIPE	-	20 ***	
FORTALEZA DIESEL	-	26 ***	
TOTAL	619	751	

このベース電源容量619MWに対して、Fig V-7で与えたモデル負荷継続曲線を比例的に拡大してゆき、余剰電力が完全に揚水に使用されうる時の必要揚水発電容量と、最大負荷容量を試行的に求めると、次のようになる。

(i) 許容しうる最大負荷は930MW、その時の揚水発電容量は240MWである。これに対する週間3種の負荷継続曲線をFig V-8に示す。

(ii) この状態における週間電力量バランスをTable V-2に、またその運転状況をFig V-9~Fig V-11に示す。

これを云いかえると、今後需要が増加して現在設備容量<sup>(1)</sup>751MWを超過する時<sup>(2)</sup>、電源拡張を必要とするが、これを揚水発電でまかなうと、当面豊富に存在する深夜または、休日余剰電源を利用して供給を続けられる。さらに需要が増加して最大需要電力が930MWを超過すると<sup>(3)</sup>揚水用余剰電力を使い果し、これ以後はベース電源に相当する電源の増設が必要となる。

Table V-2 系統容量930MW時揚水発電を最大に挿入した場合の電力量バランス

	PEAK DEMAND (MWh)	SURPLUS POWER * (MWh)	POWER SOURCES FOR PEAKING HOURS			STORED POWER BY PUMP-UP STATION* (MWh)	STORED POWER (INTEGRATED)* (MWh)
			PAULO AFONSO OVER LOAD (MWh)	PUMP-UP GENERATION (MWh)	THERMAL & DIESEL (MWh)		
SAT.	914	1,120	MWh 85 x 2 170	744	0	376	MAX. 1,120 MIN. 376
SUN.	369	1,568	MWh 85 x 0.53 45	324	0	1,244	MAX. 1,944 MIN. 1,620
MON.	1,334	840	MWh 85 x 2 170	1,164	0	Δ 324	MAX. 2,460 MIN. 1,296
TUE.	1,334	840	170	1,164	0	Δ 324	MAX. 2,136 MIN. 972
WED.	1,334	840	170	1,164	0	Δ 324	MAX. 1,812 MIN. 648
THU.	1,334	840	170	1,164	0	Δ 324	MAX. 1,488 MIN. 324
FRI.	1,334	840	170	1,164	0	Δ 324	MAX. 1,164 MIN. 0
TOTAL (WEEKLY)	7,953	6,888	1,065	6,888	0	-	MAX. 2,460**

\* THESE FIGURES ARE CONVERTED TO PUMP-UP GENERATION MWh

\*\* MAXIMUM VALUE OF THE WEEK

(1) 現在工事中の Paulo Afonso II-2 増設 80 MW 3 ユニットを含む。

(2) 現段階の需要想定によれば1970年代初期と推定され、この時に揚水1号機の完成がのぞましい。

(3) 現段階の需要想定によれば1973年頃と推定される。

この時の全系電力バランスは Table V-3 のとおりとなる。

またこの場合、揚水発電貯水容量は、週間純揚水発電運用を行なうものとするれば、前記 Table V-2 最右欄貯水量週間最大に相当するものであり、揚水発電 kWh 換算値で 2,460MWh である。

揚水発電を Recife 地区近傍に開発する場合と、この代替として Paulo Afonso 発電所付近に水力電源を新增設して対処する場合の Paulo Afonso, Recife 間送電線潮流の週間変動状況を Fig V-12 に示す。

本図から明らかなように、この年代において Paulo Afonso, Recife 間に必要な送電容量は

(i) Paulo Afonso 付近の水力電源に頼る場合

534MW (230kV 送電線 4 回線)

(ii) Recife 近傍に揚水を開発する場合

409MW (230kV 送電線 3 回線)

となり、揚水を開発することにより 230 kV 送電線 1 回線の新設を省略することができる。

また、前に述べたように送電線利用率は、前者 50% 台が 70% 台に改善することができる。

Table V-3 最大負荷 930MW 時揚水発電を最大に挿入した場合の電力バランス

		POWER	NOTICE
MAXIMUM DEMAND (MW)		930	
POWER SOURCE (MW)	PAULO AFONSO I	180	
	PAULO AFONSO II	520	
	BANANEIRAS	4	
	COTEGIPE	20	
	FORTALEZA DIESEL	26	
	PUMP-UP STATION	240	
	TOTAL	990	
RESERVE (MW)		60	
RESERVE RATE		6.5%	

#### V-3-2 揚水発電容量 360MW 案

前節においては、ベース電源を現在 Paulo Afonso において増設工事中のものを含めた現在電源設備容量に対して挿入しうる揚水発電容量を検討した。

しかし、すでに Paulo Afonso において第 III 期計画として 150MW 2 ユニットの増設計画<sup>(1)</sup>が進みつつあるときくが、これを完成した場合の挿入しうる揚水発電容量を検

(1) この場合ベース電源容量は 919 MW となる。

討した結果はつぎのとおりとなる。

- (i) 許容しうる最大負荷は 1,380 MW, その時の揚水発電容量は 360 MW である。これに対する週間 3 種の負荷継続曲線を Fig V-13 に示す。
- (ii) この状態における週間電力量バランスを Table V-4, また, その運転状況を Fig V-14 ~ V-16 に示す。
- (iii) また, この時の電力バランスを Table V-5, 揚水発電を Recife 地区に集中した場合の Paulo Afonso, Recife 間送電線潮流の継続曲線を Fig V-17 に示す。これをいいかえると, 今後の需要増に対する電源開発方針については, 最大需要電力が 1,380 MW に達した時点では揚水用電力と利用余剰量からは 360 MW の揚水発電が限界であり, かつ, ピーク供給力としての必要規模となる。

なお揚水発電と, Paulo Afonso 発電所 III 期計画の各ユニットとの開発順位を如何にするかは別途経済的な検討が必要である。

Table V-4 系統容量 1,380 MW 時揚水発電を最大に挿入した場合の電力量バランス

	PEAK DEMAND (MWh)	SURPLUS POWER * (MWh)	POWER SOURCES FOR PEAKING HOURS			STORED POWER BY PUMP-UP STATION* (MWh)	STORED POWER (INTEGRATED) * (MWh)
			PAULO AFONSO OVER LOAD (MWh)	PUMP-UP GENERATION (MWh)	THERMAL & DIESEL (MWh)		
SAT.	1,351	1,512	94	1,257	0	255	MAX 1,512 MIN 255
SUN.	544	2,604	0	544	0	2,060	MAX 2,859 MIN 2,315
MON.	1,953	1,260	MW h 115 x2 230	1,723	0	△ 463	MAX 3,575 MIN 1,852
TUE.	1,953	1,260	230	1,723	0	△ 463	MAX 3,112 MIN 1,389
WED.	1,953	1,260	230	1,723	0	△ 463	MAX 2,649 MIN 926
THU.	1,953	1,260	230	1,723	0	△ 463	MAX 2,186 MIN 463
FRI.	1,953	1,260	230	1,723	0	△ 463	MAX 1,723 MIN 0
TOTAL (WEEKLY)	11,660	10,448	1,212	10,448	0	—	MAX 3,575**

\* THESE FIGURES ARE CONVERTED TO PUMP-UP GENERATION MWh

\*\* MAXIMUM VALUE OF THE WEEK

Table V-5 系統容量1,380MW時揚水発電を最大に挿入した場合の電力バランス

		POWER	NOTICE
MAXIMUM DEMAND (MW)		1,380	
POWER SOURCE (MW)	PAULO AFONSO I	180	
	PAULO AFONSO II	520	
	PAULO AFONSO III	330	
	BANANEIRAS	4	
	COTEGIPE	20	
	FORTALEZA DIESEL	26	
	PUMP-UP	360	
TOTAL		1,440	
RESERVE (MW)		60	
RESERVE RATE (%)		4.35	

### V-3-3 揚水発電容量に関する考察

#### (a) 将来の揚水計画のあり方

V-1で触れたように、Nordesteにおいては、たとえ、Paulo Afonso発電所あるいは、その他地域に水力電源が十分に建設され、需給バランスが得られたとしても、これら水力電源が少なくとも日間調整能力、さらに週間調整能力をもたなければ、最大の投資効果を期待するという面からも、また水資源有効利用という面からも望ましい形態とはいえない。この救済方法として、揚水発電が将来も理想的であるといえることができる。さらに経済的な水力地点が開発しつくされ、ベース電源的な大容量火力ユニット・原子力発電が採用されるに至っても、全発電容量の何%かは建設費の割安な揚水発電に任せるのが諸外国の経験からいっても望ましい形である。

この場合、Nordesteの系統規模が小さいので、当面Nordeste全系に必要な揚水電源をある地区に集中建設することにより、揚水ユニットの大容量化による経済的メリットをねらうべきであるが、Recife, Salvador, Fortaleza各地区の系統容量が大きくなり、揚水発電量も多くなった時点においては、揚水発電所を分散建設し、各地区にある程度の需給バランスをとり、Paulo Afonso発電所から各地区への長距離送電線の利用率を上昇させることによるメリットをねらった方がよいであろう。もちろんその場合でも全系需給バランス計画により、予備力の節減、ユニット大容量化によるメリットを無視するべきではない。

Fortaleza地域については、Recife, Salvador地域に比べ負荷規模も小さく、その上、Paulo Afonso発電所からの送電距離が652kmもあるため、Paulo Afonso発電所のベース水力電源と、これに関連する揚水ピーク電源に頼るよりも、むしろベースとピークの間時間帯に運転すべき中容量火力を将来設置して、長距離送電線の必要容量を極力抑制した方が経済的な場合もあり、今後

の慎重な検討が必要であろう。

(b) 将来の負荷特性の変化による揚水計画の修正

工業の誘致が積極的に行なわれている現段階では、将来の需要想定には相当の誤差が生ずるものと考えられる。したがって、われわれの揚水計画においては、過去の実績負荷形態を参考にして、将来もこれが比例的に増大するものと仮定した。しかし、将来工業負荷あるいは冷房需要の伸び等により負荷構成に変化を生ずれば、当然負荷の形態が変わるので、今後もこれらデータを整理検討し、電源開発計画に修正を加える必要がある。

一般に工業負荷、特に昼間稼働する負荷の構成が大となると、昼間時間帯における需要が増し負荷率が上昇する傾向にある<sup>(1)</sup>が、この傾向は軽負荷時の余剰電力を減少させる方向に向い、設備経済的には望ましい。しかし一方、ピーク需要を揚水発電に頼る場合、揚水に必要な余剰電力量が不足し、代替ピーク供給力または、別のベース供給力の繰り上げ開発の必要が生ずる場合がある。

(c) 過去の実績データの統計的処理

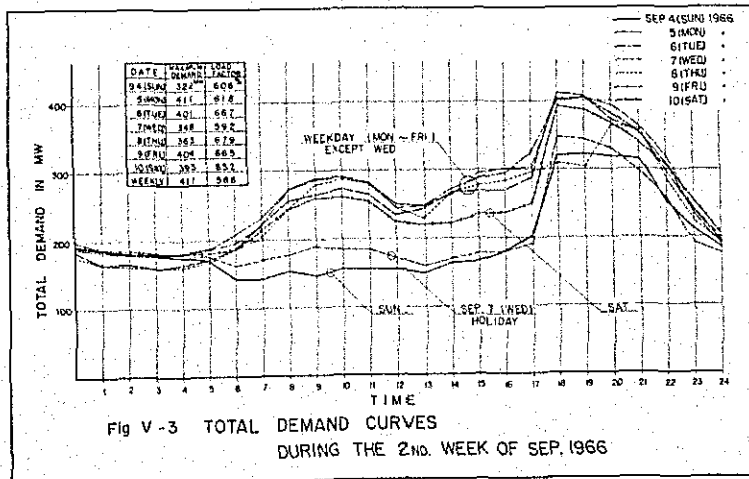
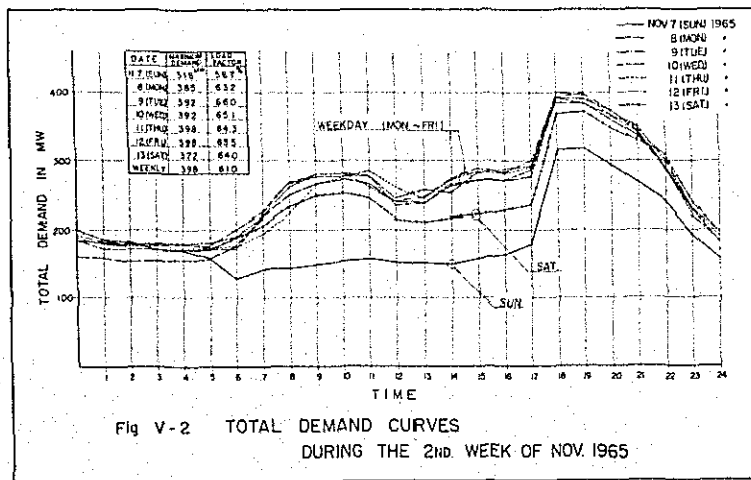
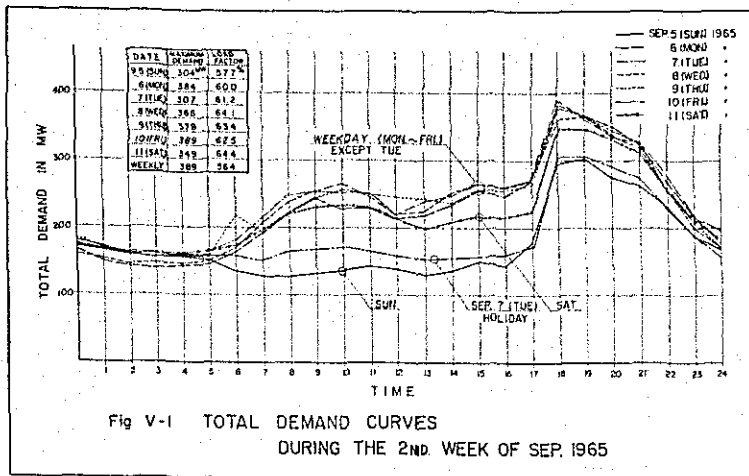
現在、Nordeste 電力需要実績のデータに関しては、CHESF の Paulo Afonso 発電所記録センターにおいて、Paulo Afonso 発電所実績および同社の火力電源発電実績が整理・保存されている。しかし、Nordeste 全系に関する開発計画の検討に当っては、同社 230 kV 系統に連系される下位系の水火力電源の発電実績も同程度に重要で、これら全発電力の各年、各月、各日、各時間値等が集計・整理し、保存される体制が早急に確立されることを推奨したい。

電力需要は、一般にある範囲の下でランダムに変動する性質を持つから、今回の検討においても収集したデータを出来る限り統計的に扱ったが、使用するデータが多ければ、なお正確な把握が可能であることは、統計学における「大数の法則」で明らかとなっておりである。

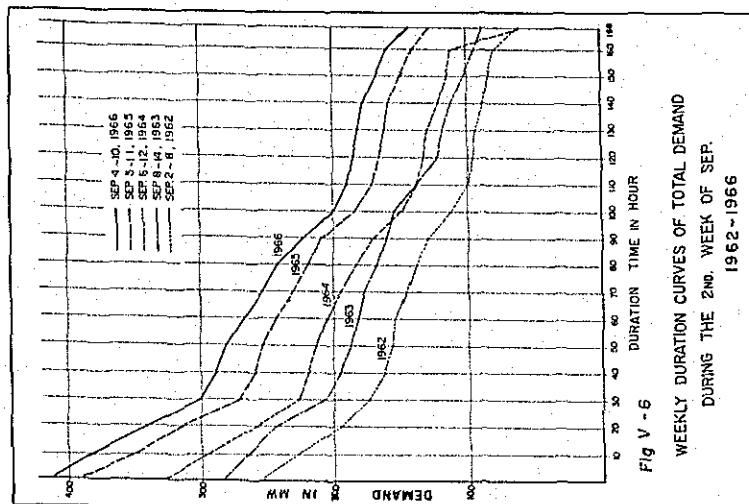
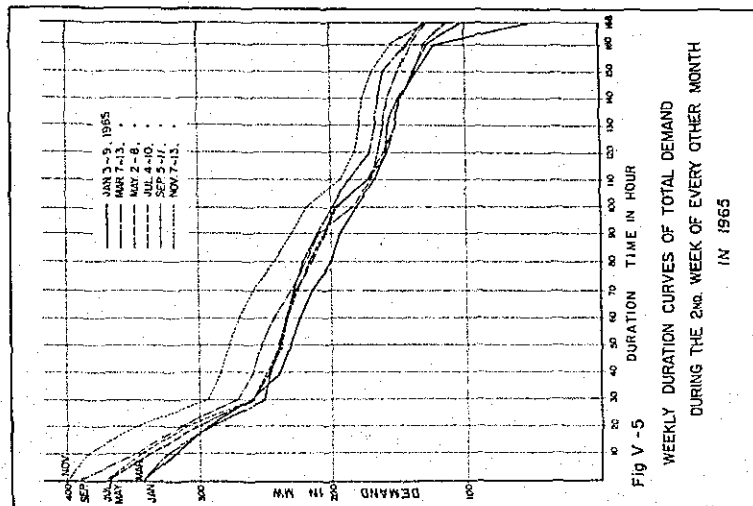
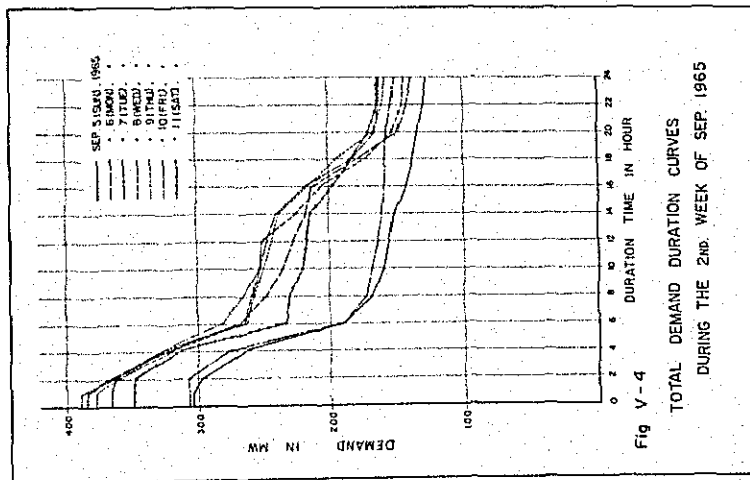
したがって、今後もできうる限りのデータを使用し、統計的な処理の下に、正確な負荷形態を想定し将来のより正確な需給計画を作成することが望ましい。

---

(1) この傾向は緯度が相当高く、また電気鉄道の多い地域では冬期これら工業負荷が点灯ピークに入りこみ、かえって負荷率が減少することがある。







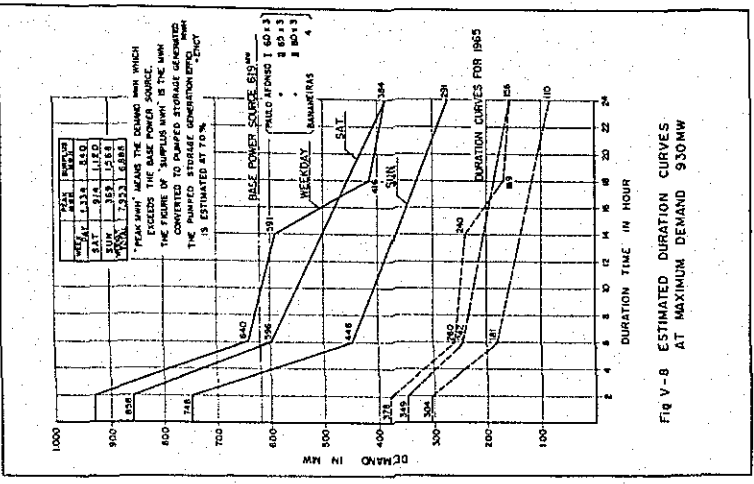


Fig V-8 ESTIMATED DURATION CURVES AT MAXIMUM DEMAND 930MW

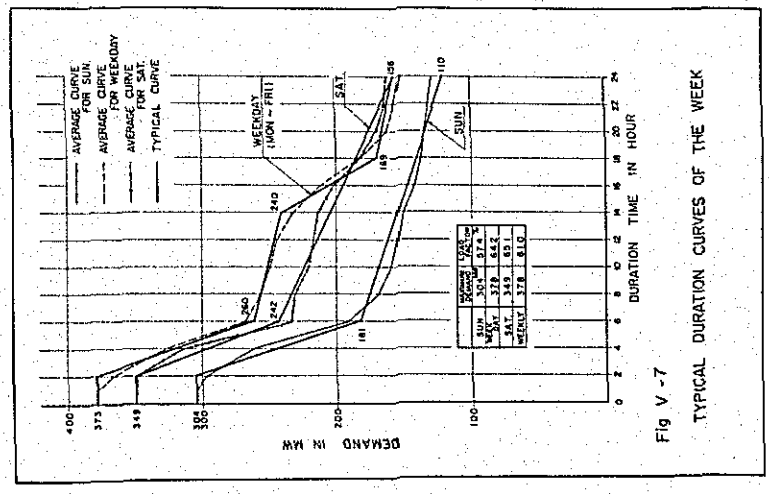
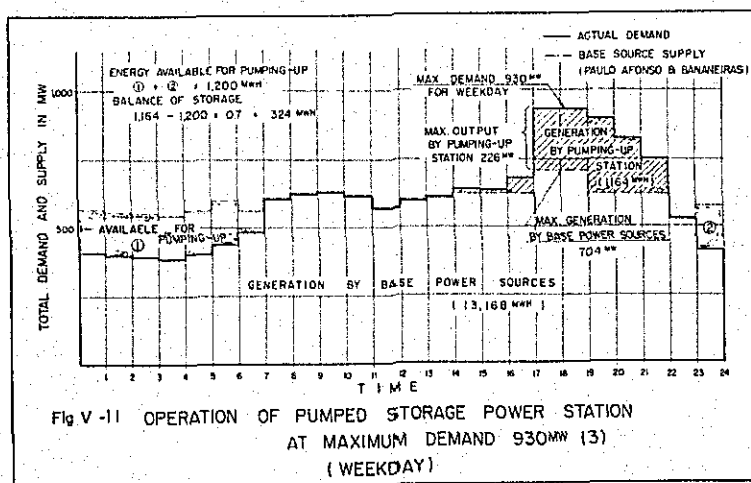
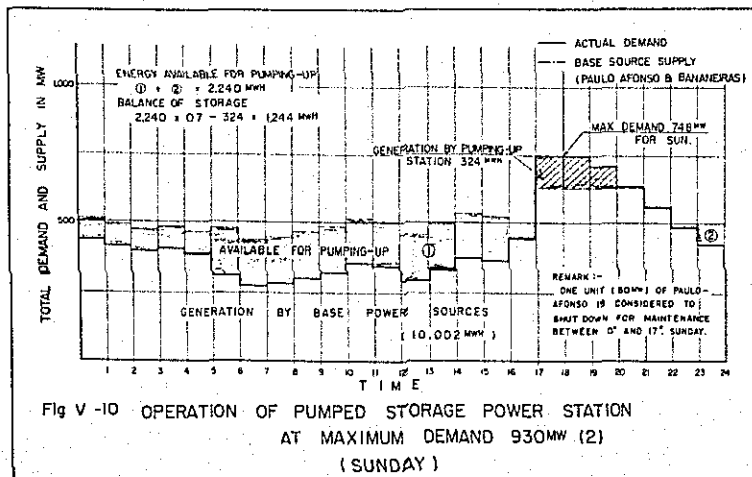
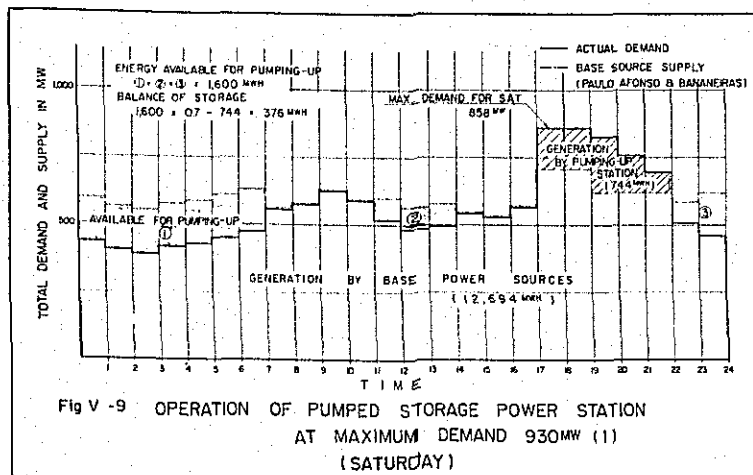


Fig V-7 TYPICAL DURATION CURVES OF THE WEEK



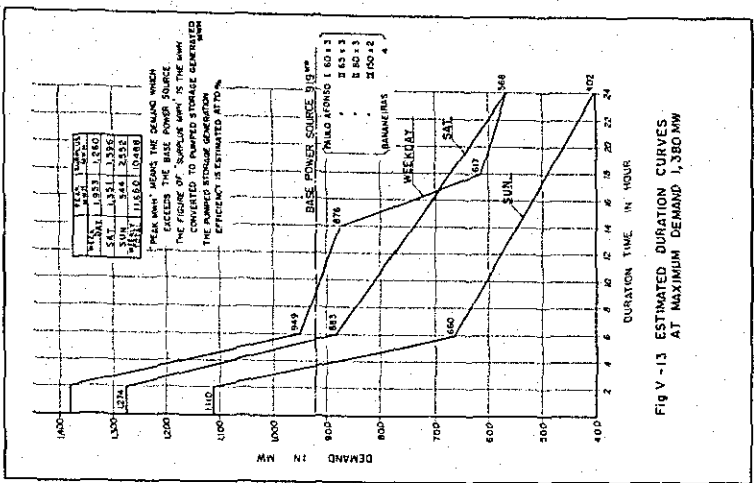


Fig V-13 ESTIMATED DURATION CURVES AT MAXIMUM DEMAND 1,350 MW

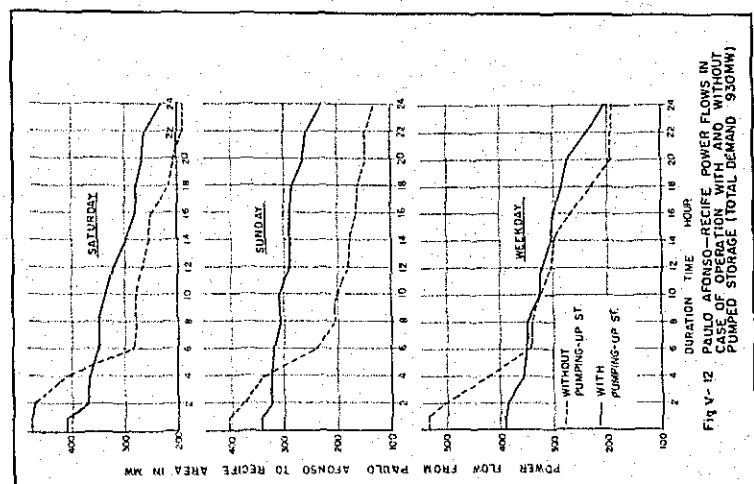


Fig V-12 PAULO AFONSO-RECIFE POWER FLOWS IN CASE OF OPERATION WITH AND WITHOUT PUMPED STORAGE (TOTAL DEMAND 930MW)

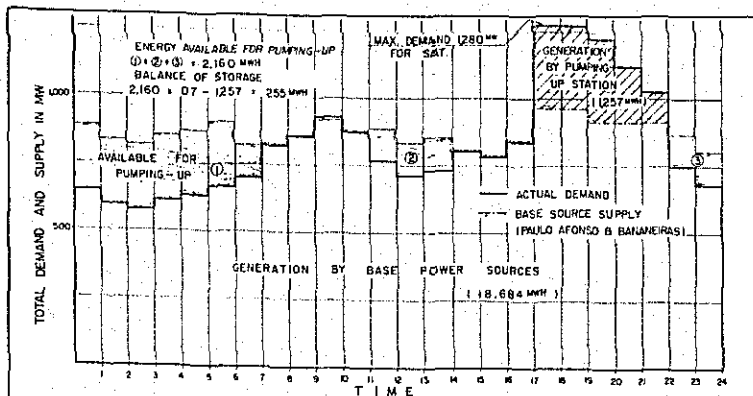


Fig V-14 OPERATION OF PUMPED STORAGE POWER STATION AT MAXIMUM DEMAND 1380MW (1) (SATURDAY)

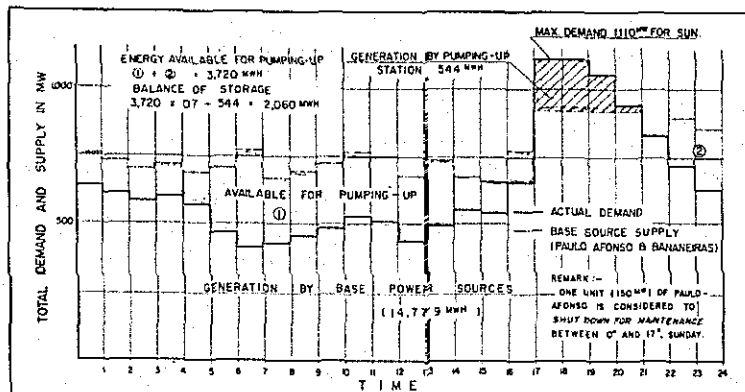


Fig V-15 OPERATION OF PUMPED STORAGE POWER STATION AT MAXIMUM DEMAND 1380MW (2) (SUNDAY)

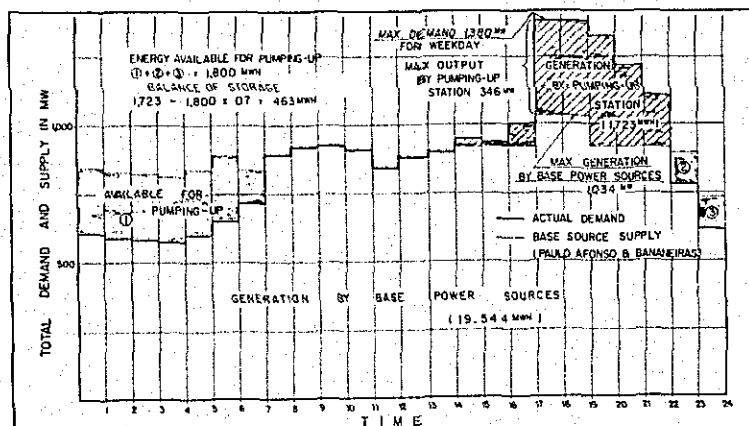


Fig V-16 OPERATION OF PUMPED STORAGE POWER STATION AT MAXIMUM DEMAND 1380MW (3) (WEEKDAY)

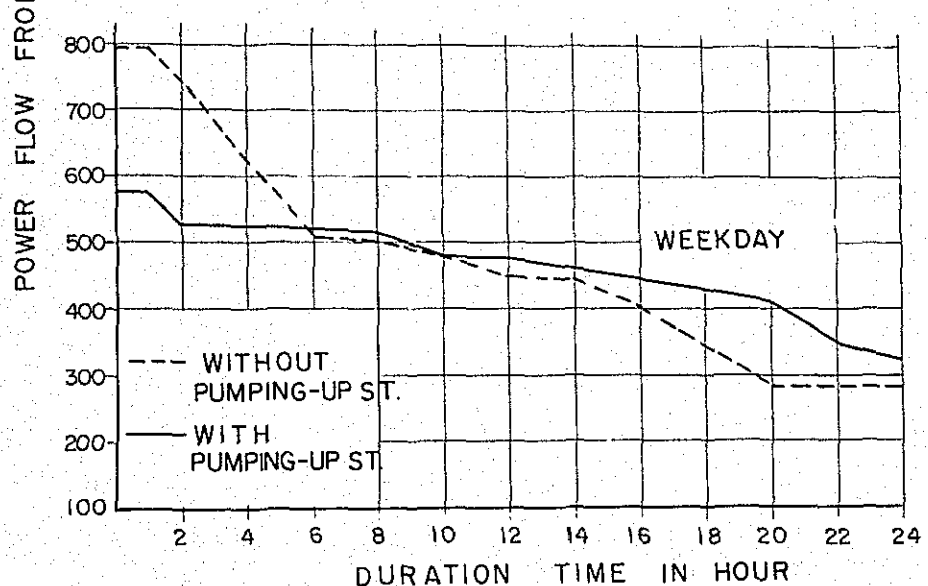
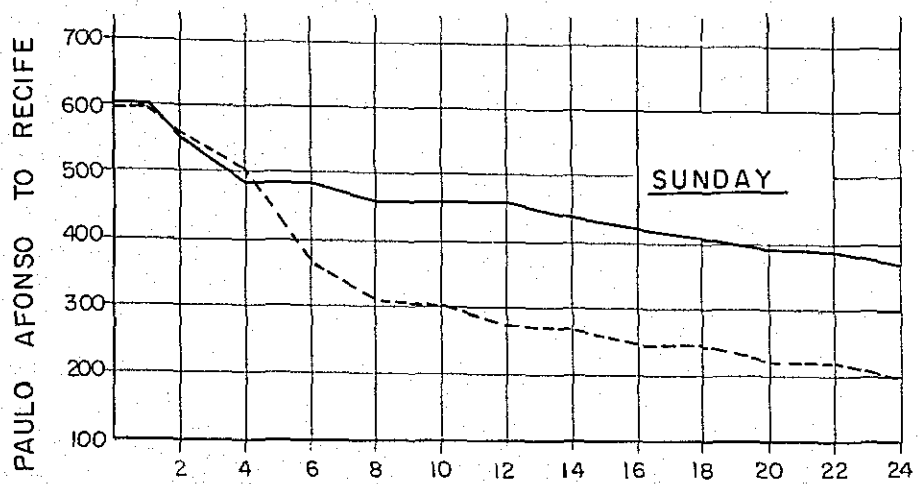
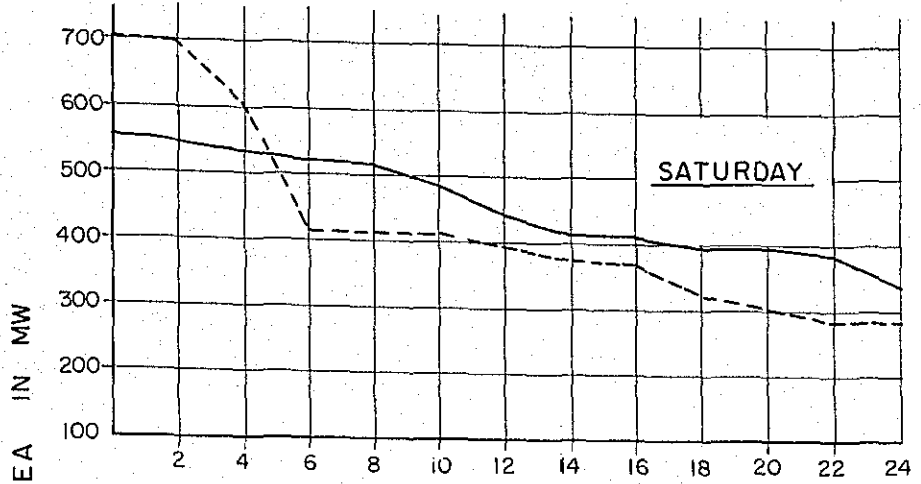


Fig V - 17 PAULO AFONSO - RECIFE POWER FLOWS IN CASE OF OPERATION WITH AND WITHOUT PUMPED STORAGE (TOTAL DEMAND 1,380MW)

## VI Primavera 地点の基礎的検討

## VI Primavera 地点の基礎的検討

### VI-1 Primavera 地点の特徴

Recife 市から西南へ 60 km. Ipojuca 河に沿って Primavera Municipal の家並がある。ここから約 3 km 上流に、高さ 70 m の滝があり、その下流に貯水池に好適なポケットが存在している。

Ipojuca 河は雨季には豊富な流水があり、しばしば洪水があるのに反し、乾季にはほとんど流水がない。

われわれはこの地点に目をつけた SUDENE の人々と一緒にこれを調査した結果、次のような理由によりこの地点は揚水発電所建設地点として適当と判断するにいたった。

#### (a) 地形、地質的特徴

滝をはさんで上下流に十分な貯水を確保できるポケットがあり、滝の落差を有効利用できる揚水発電地点として良好な地形である。

ダム予定地点は、上下流ともに、河床に堅岩が露出しており、ダムの基礎として安全と思われる。また、地下発電所を設けようとする所は、滝を形造っている堅硬な岩盤が続いているものと推定されるので、発電所は堅い岩盤の中に築造できる。

このように、本地点は地形、地質上、構造物を安全に、かつ、経済的に築造できることが予測される。

#### (b) 地理的特徴

Primavera 地点は、Paulo Afonso 発電所から Recife 市に至る 230 kV 送電幹線から極めて近いところにある。したがって Paulo Afonso 発電所のオフピーク時に生ずる余剰電力をわずかの新設送電線によって利用することができる。他方、Primavera 地点は、需要地 Recife 市へわずかに 60 km という至近の距離にあるので電力をピーク時に集中して送るのに便利である。また長距離送電系統においては、系統安定度および電圧変動が問題となるが、負荷近傍にある発電所はこれを解決する効果がある。

#### (c) 建設の容易さ

Primavera 地点の電源開発は、この地点が Recife 市に近いので、諸資材の入手が容易であること、運搬費が安いことなどから、かなり経済的に行なうことができる。したがって、工期も短くて済み、工程上の支障も少ないといえる。揚水式の特徴として、設備容量が大きい割に建設規模が小さいため、調査と設計に要する期間は 1 年ないし 1 年半で済み、建設工事期間は 3 年もあれば充分であろう。

#### (d) 非常用電源

Primavera 地点の上部貯水池容量の決定に当たっては、非常用の貯水を加えて計画することによって、万一 Primavera 以遠の発・送・変電設備に、事故を生じたとして



も、事故復旧に要する時間中、Primavera発電所からの応急送電によって、Recife市およびその周辺に対する電力供給の信頼度を高めることができる。

われわれはIpojuca河をさらに上流迄調査した。Primavera地点の上流湛水終端付近に絶好のダム地点と考えられる狭さく部がある。ここに高さ100mのダムを築造することにより約100,000,000 m<sup>3</sup>の貯水量を得ることができるであろう。

このダム地点は、将来洪水調節、灌漑、水道および発電等の多目的に利用される時が必ずくるであろう。このような貯水池が上流にできた時には、Primavera発電所は非常用の貯水を持つというよりは混合揚水式の発電所として、より高度に稼働するであろう。

以上の点から、Primavera地点は全く絶好な揚水計画地点といえることができる。

## VI-2 設備の規模と工事費

### VI-2-1 Primaveraダム地点の洪水量の想定

ダムサイトにおける流域面積は、約3,800 km<sup>2</sup>と推定される。このダムサイトに関する出水記録は正確な測水資料がないので明確な流量の算定は困難であるが、現地住民の話によれば、1961年の出水のとき、Primavera滝より約1km上流のところで、水位が約258mまで上昇していたとのことである。したがってこのときの洪水量を推算すれば、約1,400 m<sup>3</sup>/sとなる。

この流量は、20年確率洪水量と推定される。近くの河川の場合、20年確率洪水量と100年確率洪水量との比率は、約1:2となっている。この比率を、Ipojuca河にも適用できるものとすれば、100年確率洪水量は、2,800 m<sup>3</sup>/sとなる。

この数値をもってダム地点の計画洪水量と考える。

### VI-2-2 ダム高さと貯水量

Primavera地点の上部貯水池における貯水容量と、貯水面標高との関係はFig VI-2のとおりである。揚水発電所としての出力規模が、240MWないし480MWの場合に必要な有効貯水容量は、この発電所に週間調整の機能をもたせるものとし、Ipojuca河の自流を期待しないものとすれば、Table VI-1のようになる。

Table VI-1 出力規模と必要有効貯水量

出力規模 (MW)	240	300	360	480
必要有効貯水量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	9.0	11.25	13.5	18.0
H.W.L (m)	270	271.5	273	275
L.W.L (m)	260	260	260	260

一方、上部貯水池ダムの基礎面標高は、約EL227mとするのが適当(河床で約5mの掘込となる)と考えられるので、ダムの高さはTable VI-2のようになる。

Table VI-2 出力規模とダム高さ(上部貯水池)

出力規模 (MW)	240	300	360	480
ダムの高さ(余裕高2.0mを含む)(m)	45.0	46.5	48.0	50.0

下部貯水池の地形は、目下、測量中のため明確な数値は出せないで、下部ダムサイトも、上部ダムサイトと類似の地形を有するものとする。また貯水容量は、水位1.0mに対して約 $1.0 \times 10^6 \text{m}^3$ の増加を示すものとするれば、下部ダムの高さと出力規模の関係はTable VI-3のようになる。なおL.W.LをEL142.0mとする。

Table VI-3 出力規模とダム高さ(下部貯水池)

出力規模 (MW)	240	300	360	480
ダムの高さ(余裕高1.5mを含む)(m)	23.5	25.7	29.0	32.5

### VI-2-3 総落差と使用水量

いま、約 $10 \times 10^6 \text{m}^3$ 程度の有効貯水容量を必要と仮定した場合、上部貯水池のH.W.LはEL271.0m、L.W.LはEL260.0mとなり、下部貯水池は、それぞれEL152.0m、EL142.0mとなる。したがって、総落差は最高129.0m、最小108.0mとなる。

水車に対する基準水位を、取水位EL266.5m、放水位EL146.0mとすれば、その時の総落差は120.5m、損失落差を約2.0mとすれば、基準有効落差は118.5mとなる。

発電機効率を0.97、水車効率を0.88と仮定した場合、出力規模と基準状態での使用水量はTable VI-4のようになる。

Table VI-4 出力規模と使用水量

出力規模 (MW)	240	300	360	480
使用水量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	240	300	360	480

単位機器出力は、100MW内外が適当であるから、上の出力規模に対して単位機器の出力は、Table VI-5のようにするのが適当であろう。

Table VI-5 出力規模と単機容量、台数、1台当り使用水量

出力規模 (MW)	240		300	360	480
1台の出力 (MW)	80	120	100	120	120
台数	3	2	3	3	4
1台当り使用水量( $\text{m}^3/\text{s}$ )	80	120	100	120	120

上記に対する水車（可逆ポンプ水車）の回転数は150～180 r. p. m. 押込水深は約12m，したがって，ケーシング中心標高はEL130m程度となる。

機器1台に対し，導水路および放水路が1系統ずつ対応するものとし，導水路，放水路の管内流速を，それぞれ約5.5m/s，3.5m/sとすればそれらの内径はTable VI-6のようなものとなる。

Table VI-6 単機容量と水路内径

1台の出力(MW)	80	100	120
導水路内径(m)	4.3	4.8	5.3
放水路内径(m)	5.3	6.0	6.5

#### VI-2-4 ダム，発電所の位置および水路ルート

ダムの位置は，Primavera 滝より約600m上流の場合（以下Aサイトと称する）および約1,000m上流（以下Bサイトと称する）の2案が考えられる。ダムの高さは，Bサイトの場合，同一満水面，例えばEL271.0mに対して，Aサイトに比べて約20m低くてすむが，水路が約600m長くなる。またダムサイトにおける谷巾および横断形状はA，B大差がない。

取水口はいずれのダムサイトの場合でも，地形的条件から右岸におくのが妥当であって，ダムの直下流付近に計画すべきと考える。

放水口位置は，滝の直下流右岸（これを上流案と称する）および滝より河川に沿って約800m下流の右岸（これを下流案と称する）の2案が考えられる（Fig VI-3 参照）。

計画に当っては，以上のダムの位置および放水口の位置の組合せによりTable VI-7のような5案を考慮検討した。

Table VI-7 各案の比較表

案	ダムサイト	水圧管路延長(m)	放水路延長(m)	発電所型式	特徴または備考
1	A	240	170	地下	取水口～放水口間の距離が最短。放水口位置は滝の直下流にある。
2	A	480	150	地下	放水口位置が滝の直下流にあることによる水理上，構造上の不安をさけるために考えられた。
3	A	220	410	地下	第2案と同じで水圧管路の延長を短くするため，発電所を第2案より山側に迫らせた。
4	B	480	600	地下	上部ダムの高さを低くするために，上部ダムを他の案より上流においた。
5	A	360	0	半地下	1と同じ最短ルートで発電所を半地下とした。

名案の特色を列記すれば、つぎのとおりである。

- (i) 第1案、第5案は、取水口、放水口間を最短ルートで結ぶ案で、発電所形式を地下式案と半地下式案とを比較するために選定したものである。
- (ii) 第2案、第3案は、第1案、第5案の放水口位置が滝の直下流となっているため、出水時滝を流下する水の水利的影響ならびに、放水口構造物に対する安全性を確保するため、その位置を下流に選定したものである。そのうち、第2案は放水路を短かくし、調圧水槽を省いた案とし、第3案は鉄管路を短かくした案で、この場合は放水路水槽が必要となる。
- (iii) 第4案は、上部ダムの高さを低くする目的をもって、Bサイトにダムをもってきた案で、放水路水槽が必要である。

以上の各案に対し出力100MW×3、 $Q=100\text{m}^3/\text{s} \times 3$ の場合の土木工事費を比較すれば、大体Table VI-8のようになる。第1案の工事費が一番安い第5案の工事費とほとんど差がない。また、この2案は発電所の形式が、それぞれ地下式と半地下式となっているため、発電所に対する施工方法も異なり、それぞれ利点があるので、両者に関しては、より精密な地形、地質等の調査がなされない限り、どちらが有利か判断できない。

Table VI-8 各案による土木工事費

(単位：10<sup>3</sup> US\$)

工事名	案 1	案 2	案 3	案 4	案 5	備 考
上 部 ダム	5,910.9	5,910.9	5,910.9	3,033.7	5,910.7	
下 部 ダム	3,033.7	3,033.7	3,033.7	3,003.7	3,033.7	
取 水 口	588.3	588.3	588.3	588.3	588.3	
鉄 管 路	2,671.3	5,542.6	2,369.7	5,542.6	4,070.0	内径4.8m
発 電 所	1,983.3	1,983.3	1,983.3	1,983.3	1,983.3	ゲージング中心高 E L 130.0 m
水 槽	-	-	631.5	724.8	-	
放 水 路	1,057.9	916.5	2,523.1	3,530.6	0	内径6.0m
放 水 口 <sup>※1</sup>	844.7	844.7	844.7	844.7	844.7	
道路搬入路	989.7	989.7	989.7	993.6	66.1	道路約5.0km
ケーブル引出及 変電所関係	396.7	396.7	396.7	396.7	100.0 <sup>※2</sup>	
放水口前面開削	81.7	29.2	29.2	29.2	81.7	
そ の 他	-	-	-	-	550.0	発電所周辺法面 保護
計	17,558.2	20,235.6	19,300.8	20,701.2	17,576.5	

※1 放水口は上流案、下流案ともに、同一構造、同一数量と推定し、上流案に対するものを採用した。

※2 ケーブル引出用整坑が不要。

Primavera 地点では、滝をはさんで、取水口、放水口間をできるだけ短くするのが好ましい。

以上の理由から、最有力案として第1案を選び、これに焦点を絞って出力規模と工事費の関係を検討することとする。

#### V-2-5 出力規模と工事費の関係

##### (a) 上部ダムおよび下部ダム

前記のAサイトにダムを造った場合(重力ダム、地震は考慮しない)、そのダムの高さコンクリート量、掘削量および型枠面積の関係はFig VI-4のようになる。下部ダムに関しては、その地形等調査が行なわれている。したがってわれわれが検討したBサイトの地形が、下部ダムの地形と似ているので、下部ダムにもこの資料が適用できると仮定して検討を進める。

両ダムには共に水深8.0m、巾12.0mのテンターゲート5門を備え、2.800m<sup>3</sup>/sの計画洪水量を流下させる。

##### (b) 導水路および放水路

導水路および放水路は、共に円形断面で、前述のように各出力規模に対して、その管内流速が同一であるようにその内径を選んだ。その標準断面はFig VI-8の通りである。ただし、管路通過部分の地山は、良好な地質状態にあるものと想定している。

導水路は斜坑になるが、掘削のズリが処理し易いように、水平に対して42度の傾斜を与え、内張鉄管を施工するものとする。鉄管厚は、現段階では22mmないし25mmと考えるのが妥当である(ただし普通鋼による場合)。第1案に対する水衝作用は、最大のものでも静水頭に対して20%以下になるものと考えられる。

##### (c) 発電所

ケーシング中心標高をEL130.0mにすれば、ドラフトの掘削数高は、大体EL118.8m、発電所上部アーチの天端は約EL160mとなる。巾は側壁内側で約19m、長さは100MW3台の場合で約90m、120MW4台で約120m必要である。ただし、この長さは発電所内に総ての設備を設置した場合であり、もし制御室を発電所以外の場所に設置する場合は、少なくとも15mは短くすることができる。

最後の地下発電所への通路は、EL141.0m程度の組立室盤へ通ずる。地下発電所より屋外変電所へは直径6.8mの堅坑によって母線が連絡されるものとし、この堅坑にはエレベーターを設置する。

##### (d) 取水口および放水口

共にスクリーン通過部での流速をL.W.Lで約1.0m/sを標準としてその形を考慮した。両者共地表線がなだらかなため掘削数量が目立って大きい。

##### (e) 発電所、ダムサイトへの道路

この工事に必要な道路は2車線で、総延長5 km程度でいずれかの既設道路に連絡できるものと考えている。

(f) 屋外変電所

屋外変電所、開閉所の位置は、地形図が不備なため正確な位置は決定しかねるが、地下発電所から近い場所の地表に設置できるものとする。

以上の各構造物に対する主要構造物の諸元、主要数量および工事費はTable VI-9, VI-10, VI-11, およびFig VI-5, VI-6のとおりである。

Table VI-9 Primavera 揚水発電所計画設備概要

区分	項目	出力規模 (MW)	240	240	300	360	480
上部ダム (重力ダム)	貯水容量 (m <sup>3</sup> )		9.0 × 10 <sup>8</sup>	9.0 × 10 <sup>8</sup>	11.25 × 10 <sup>8</sup>	14.5 × 10 <sup>8</sup>	18.0 × 10 <sup>8</sup>
	H.W.L (m)		270.0	270.0	271.5	273.0	275.0
	L.W.L (m)		260.0	260.0	260.0	260.0	260.0
	ダムの高さ (m)		45.0	45.0	46.5	48.0	50.0
	計画洪水量 (m <sup>3</sup> /s)		2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
	水深 × 巾 × 門数 ゲート		$\frac{m}{8} \times \frac{m}{12} \times 5$	8 × 12 × 5	8 × 12 × 5	8 × 12 × 5	8 × 12 × 5
下部ダム (重力ダム)	貯水容量 (m <sup>3</sup> )		9.0 × 10 <sup>8</sup>	9.0 × 10 <sup>8</sup>	11.25 × 10 <sup>8</sup>	14.5 × 10 <sup>8</sup>	18.0 × 10 <sup>8</sup>
	H.W.L (m)		151.0	151.0	153.25	156.5	160.0
	L.W.L (m)		142.0	142.0	142.0	142.0	142.0
	ダムの高さ (m)		23.5	23.5	25.75	29.0	32.5
	計画洪水量 (m <sup>3</sup> /s)		2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
	水深 × 巾 × 門数 ゲート		$\frac{m}{8} \times \frac{m}{12} \times 5$	8 × 12 × 5	8 × 12 × 5	8 × 12 × 5	8 × 12 × 5
取水口	呑口数高 (m)		EL244.0	EL244.0	EL244.0	EL244.0	EL244.0
	全 巾 (m)		30	35	40	45	50
鉄管路	形 式		内張鉄管	内張鉄管	内張鉄管	内張鉄管	内張鉄管
	内径 × 本数		$5.3 \times 2$ 条	4.3 × 3	4.8 × 3	5.3 × 3	5.3 × 4
	延 長 (m)		242	242	242	242	242
発電所	形 式		地 下	地 下	地 下	地 下	地 下
	巾 × 高 × 長 (m)		19 × 41.2 × 75	19 × 41.2 × 80	19 × 41.2 × 90	19 × 41.2 × 100	19 × 41.2 × 120
水車	形式 × 台数		可逆ポンプ水車 × 2	可逆ポンプ水車 × 3	可逆ポンプ水車 × 3	可逆ポンプ水車 × 3	可逆ポンプ水車 × 4
	使用水量 (m <sup>3</sup> /s)		$\frac{m^3}{s} \times 2$ 120 × 2	80 × 3	100 × 3	120 × 3	120 × 4
	回転数 (r.p.m)		150	180	180	150	150
放水路	内径 × 本数		$6.5 \times 2$ 条	5.3 × 3	6.0 × 3	6.5 × 3	6.5 × 4
	延 長 (m)		170	170	170	170	170
放水口	出口数高 (m)		EL.37.0	EL137.0	EL137.0	EL137.0	EL137.0
	全 巾 (m)		50	55	64	80	100

Table VI-10 Primavera 揚水発電所計画土木工事主要数量

出力規模 (MW) (単機容量および台数)		240 (120 × 2)	240 (80 × 3)	300 (100 × 3)	360 (120 × 3)	480 (120 × 4)
上部ダム	高さ (m)	45.0	45.0	46.5	48.0	50.0
	掘削土石 (m³)	42,700	42,700	44,700	46,700	49,400
	掘削岩石 (m³)	21,300	21,300	22,300	23,300	24,600
	コンクリート (m³)	155,000	155,000	166,000	178,000	196,000
	型枠 (m²)	43,000	43,000	46,500	48,000	52,000
ゲート (t)	300	300	300	300	300	
下部ダム	高さ (m)	23.5	23.5	25.75	29.0	32.5
	掘削土石 (m³)	17,700	17,700	19,800	22,700	26,700
	掘削岩石 (m³)	8,800	8,800	9,800	11,300	13,300
	コンクリート (m³)	41,500	41,500	48,000	60,000	76,000
	型枠 (m²)	18,500	18,500	19,000	20,000	24,500
ゲート (t)	300	300	300	300	300	
※ 取水口	掘削土石 (m³)	14,800	14,800	18,300	21,900	28,500
	掘削岩石 (m³)	12,000	12,000	15,000	17,500	23,000
	コンクリート (m³)	2,700	2,800	3,400	4,000	5,300
	型枠 (m²)	4,200	4,500	5,100	6,100	8,100
	ゲート (t)	120	130	155	180	240
スクリーン (t)	60	65	80	95	120	
鉄管路	内径 (m)	5.3	4.3	4.8	5.3	5.3
	本数	2	3	3	3	4
	掘削 (m³)	17,900	18,600	23,100	26,800	35,800
	コンクリート (m³)	7,200	8,100	10,000	10,800	14,400
鉄管 (t)	1,700	1,800	13,500	2,550	3,400	
放水路	内径 (m)	6.5	5.3	6.0	6.5	6.5
	本数	2	3	3	3	4
	掘削 (m³)	18,000	18,850	23,200	27,000	36,000
	コンクリート (m³)	7,000	7,600	8,800	10,400	13,900
型枠 (m²)	6,800	8,500	9,800	11,000	2,200	
※ 発電所	掘削 (m³)	54,500	63,900	71,000	78,200	93,800
	コンクリート (m³)	15,000	18,000	20,000	22,200	26,600
	型枠 (m²)	28,000	34,000	37,000	40,700	48,800
※ 放水口	掘削土石 (m³)	17,300	17,300	21,600	25,900	33,600
	掘削岩石 (m³)	16,000	16,000	20,000	22,000	28,600
	コンクリート (m³)	4,200	4,400	5,400	6,400	8,300
	型枠 (m²)	5,200	5,400	6,700	7,900	10,200
	ゲート (t)	145	150	185	220	285
スクリーン (t)	155	165	200	240	310	
ケーブル シャフト (長 150 m)	掘削 (m³)	5,450	5,450	5,450	5,450	5,450
	コンクリート (m³)	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
	型枠 (m²)	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700
檢入路及 作業横坑 (1,500m)	掘削 (m³)	30,700	30,700	30,700	30,700	30,700
	コンクリート (m³)	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170
	型枠 (m²)	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
変電所	掘削土石 (m³)	30,400	30,400	30,400	30,400	30,400
	掘削岩石 (m³)	7,600	7,600	7,600	7,600	7,600
	コンクリート (m³)	500	500	500	500	500
河床開削	掘削土石 (m³)	16,000	16,000	20,000	24,000	32,000
	掘削岩石 (m³)	8,000	8,000	10,000	12,000	16,000

※ は出力規模 300MW のものより類推

Table VI-11 Primavera揚水発電所建設工事費(ただし土木関係)

(単位 10<sup>6</sup> × US\$)

項目	出力規模 (MW)	240 (120×2)	240 (80×3)	300 (100×3)	360 (120×3)	480 (120×4)
1 上部ダム		5,649	5,619	5,911	6,201	6,627
2 下部ダム		2,636	2,636	3,034	3,144	3,638
3 水路系統		3,937	4,367	5,162	5,827	7,642
4 発電所及び変電所		2,918	3,132	3,304	3,498	3,926
5 その他		131	131	148	164	197
土木工事費計		15,271	15,915	17,559	18,834	22,030
電気工事費計		10,512	10,928	12,942	14,492	18,371
合計		25,783	26,843	30,501	33,326	40,401
\$/kW		107.4	111.8	101.7	92.6	84.2

- 注：1. ダム本体，ゲート，基礎処理  
 2. ダム本体，ゲート，基礎処理  
 3. 取水口，鉄管路，放水路，放水口  
 4. 発電所，変電所，ケーブルシャフト，搬入路，作業横坑  
 5. 道路，河床開削等

## VI-2-6 懸案事項

以上，Primavera地点に関する揚水発電所の規模と，その工事費ならびに諸設備の配置について記述してきたが，現時点では，まだ不明な点が多く今後の調査が必要である。今後の調査にまたなければならぬ懸案事項を列記すればつぎのとおりである。

- (i) 下部貯水池に関する地形図の作成
- (ii) 上・下ダムサイトの地質調査，岩盤線の追求
- (iii) 水路通過部および発電所予定地帯の地質調査
- (iv) 取水口，放水口付近の岩盤線の追求
- (v) ダムサイト付近におけるIpojuca河の流量の測定，特に洪水量決定のための資料
- (vi) 地下発電所の位置決定のための地形図の作成
- (vii) コンクリート用骨材の採取方法の確立
- (viii) 本工事に使用する諸機械の運搬ルート調査

## VI-3 Primavera揚水発電計画360MW案の概要

## VI-3-1 計画概要

VI-2で，240MW～480MWの発電所規模について検討を行なったが，建設計画に基本的な大差がないと考えられるので，本地点の開発を具体的に把握するため，



360 MWの発電規模について、概要を述べるとつぎのとおりである。

貯水池 必要有効貯水量		$14.5 \times 10^6 \text{ m}^3$
上部貯水池 (重力ダム)	H.W.L.	EL270.0 m
	L.W.L.	EL260.0 m
	ダム高	48.0 m
下部貯水池 (重力ダム)	H.W.L.	EL156.5 m
	L.W.L.	EL142.0 m
	ダム高	29.0 m
取水口 鉄管路 (内張式斜坑)	ゲート	3 門
	流量	$120 \text{ m}^3/\text{s} \times 3$
	内径	5.3 m
	本数	3
	延長	約 242 m $\times$ 3
発電所 (地下式)	巾(内面)	約 19 m
	長さ	約 100 m
	ケーシング中心高	EL130.0 m
放水路	流量	$120 \text{ m}^3/\text{s} \times 3$
	内径	6.5 m
	本数	3
	延長	約 170 m $\times$ 3
放水口	ゲート	3 門

これらに関する概略設計は、Fig M-7, M-8に示される通りである。本案のおおよその配置は、発電所の開発規模が、240 MWまたは480 MWになっても、構造物ならびに機器の寸法に、若干の変化がある程度で、根本的に変化することはない。

#### M-3-2 工事工程

360MW計画について、大略の工事工程を検討した結果は、Table M-12に示すとおりであって、建設工事の期間は、3ヵ年の日時を必要とする結論に達した。これは地下発電所工事の工程が、この発電所の工期を決定するものである。

Primavera地点の工事は、一般的にいて、

- (i) 地形上、どの工事現場へも取付くことが容易で、全面的に各工事に取りかかることができる。
- (ii) 広い場所があり、仮設備の設置が容易である。
- (iii) 下部ダム工事を除けば、工事数量からしても、この工事の主体となる上部ダムおよび発電所工事は1ヵ所にまとまっている。

などの点から、一勢に各工事に着手し、集中的に工事を進めることが可能な地点である。したがって、明り工事については、比較的楽な工程でかつ経済的に、この工事を完成することができるであろう。

明り工事の中で、最も工事数量の多い上部ダム工事は、発電所工事の工程と、極



とんど同じ3ヵ年の日時を要するが、乾季に仮締切工事を行ない、その完成を12月頃になるよう着工すれば、ダム工事自体としては、掘削量月平均約8,000 $\text{m}^3$ 、コンクリート施工量約9,500 $\text{m}^3$ を処理する程度の工事速度でよいことになるので、経済的に工事の施工ができるものと考えられる。

一方、発電所工事は、明り工事と異なって、地下の工事であるため、簡単に本工事に取りかかることはできない。地下の狭いところで78,200 $\text{m}^3$ の掘削を行ない、22,200 $\text{m}^3$ のコンクリート打込みを要するこの工事を、できるだけ経済的に短日目で完成するため、われわれは2つの作業横坑と、搬入路を利用した作業坑で、発電所掘削を3段に分けて、同時に進めることを検討し、着工後19ヵ月で主な掘削工事を完了することを考えた。この場合、月平均掘削量は、アーチ部で1,500 $\text{m}^3$ 、本体上部で6,000 $\text{m}^3$ 、本体下部で6,000 $\text{m}^3$ となり、最盛期には本体掘削量が月平均10,000 $\text{m}^3$ に達する。またコンクリート工事については、本体コンクリート工事を、一部掘削工事と併行して実施し、この工期に約8ヵ月を要し、さらに機械基礎コンクリート工事を、一部本体コンクリート工事と同時に行なった後、機械据付工程に合せて施工するため、約9ヵ月間を要するので、コンクリート工事としては通算17ヵ月を要することとなる。

機械の据付工事は、120 MW機器3台を順次据付けるものとして、約13ヵ月が見込まれる。

以上の主な工事は、一部重複して行なわれるため、発電所工事の工程としては、3ヵ年を要することとなる。

以上述べたとおり、地下発電所工事の工程は、その大半が、掘削工事によって占められているので、その地質状態の如何によって、大きくその工程が左右される。そればかりか、工事費にも大きな影響を与えるケースが多い。ダム工事についても同様のことがいえるので、施工の面からも前節に述べた調査のうち、特に地質については十分な調査が必要であり、この資料に基いた施工計画の検討が必要である。

#### VI-4 電気設備

発電所出力360 MWで、主機3台の場合の定格事項をつぎに示す。

##### (1) ポンプ水車

ポンプ		水車	
最低揚程	110 m	最高有効落差	127 m
最大揚水量	100 $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$	最大使用水量	112 $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
最大軸入力	125 MW	最大出力	125 MW
回転数	150 rpm	回転数	150 rpm

(ii) 発電電動機

電動機		発電機	
容量	130 MW	容量	130 MVA
力率	0.9	力率	0.95
回転数	150 rpm	回転数	150 rpm

なお、単線接続図を Fig M-9 に示す。

つきに、揚水発電所電気設備が、一般水力発電所と異なるもの、およびその使用目的を述べる。

a) 吸出管内水面押下装置、水位検出装置

ポンプ起動時、吸出管内の水による反抗トルクをなくすために、吸出管内の水面を、吸出管内への圧縮空気圧入によってランナ下端以下に押下げる装置であって、押下げられた水位は水位検出装置によって検出され、半電圧印加の条件とするものである。

b) 起動方式

起動方式はいろいろあるが、発電電動機制動巻線による方式は、設備が簡単であるので、小容量機から中容量機に採用されている。

起動および同期別入れ方法については、50%電圧で同期引入れ後100%電圧に切換えるか、または、50%電圧で起動し、100%電圧に切換えてから同期引入れを行なうかの二方法があるが、系統に与える衝撃を考慮して決定する必要がある。

Primavera 揚水計画について、発電電動機端子の電圧変化および皮相入力変化を、交流計算機で概略計算した結果、発電電動機(130 MVA)半電圧起動時の電圧降下は、約24%、皮相入力は約68.7 MVAである。

c) 相順切換開閉器、同期しゃ断器、起動開閉器

相順切換開閉器は、発電電動機主回路に接続して発電または、揚水運転に応じて、発電機母線の相順を切換えるものであり、変圧器低圧側に接続して発電機および電動機の同期投入と、変圧器励磁電流のしゃ断を行なうのが同期しゃ断器である。なお、電動機の起動にあたり、半電圧印加およびしゃ断を行う起動開閉器も必要である。

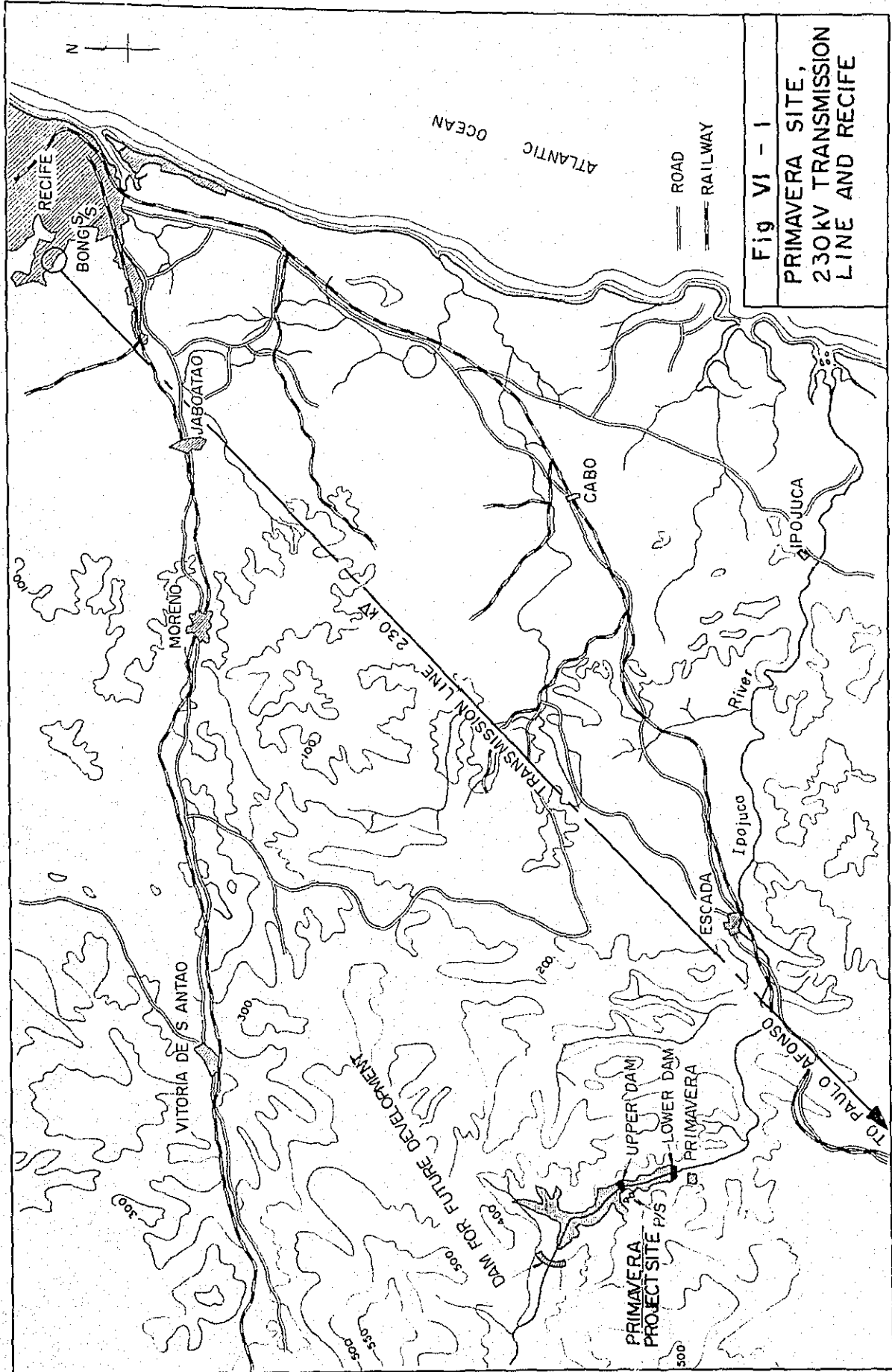


Fig VI - 1  
 PRIMAVERA SITE,  
 230KV TRANSMISSION  
 LINE AND RECIFE

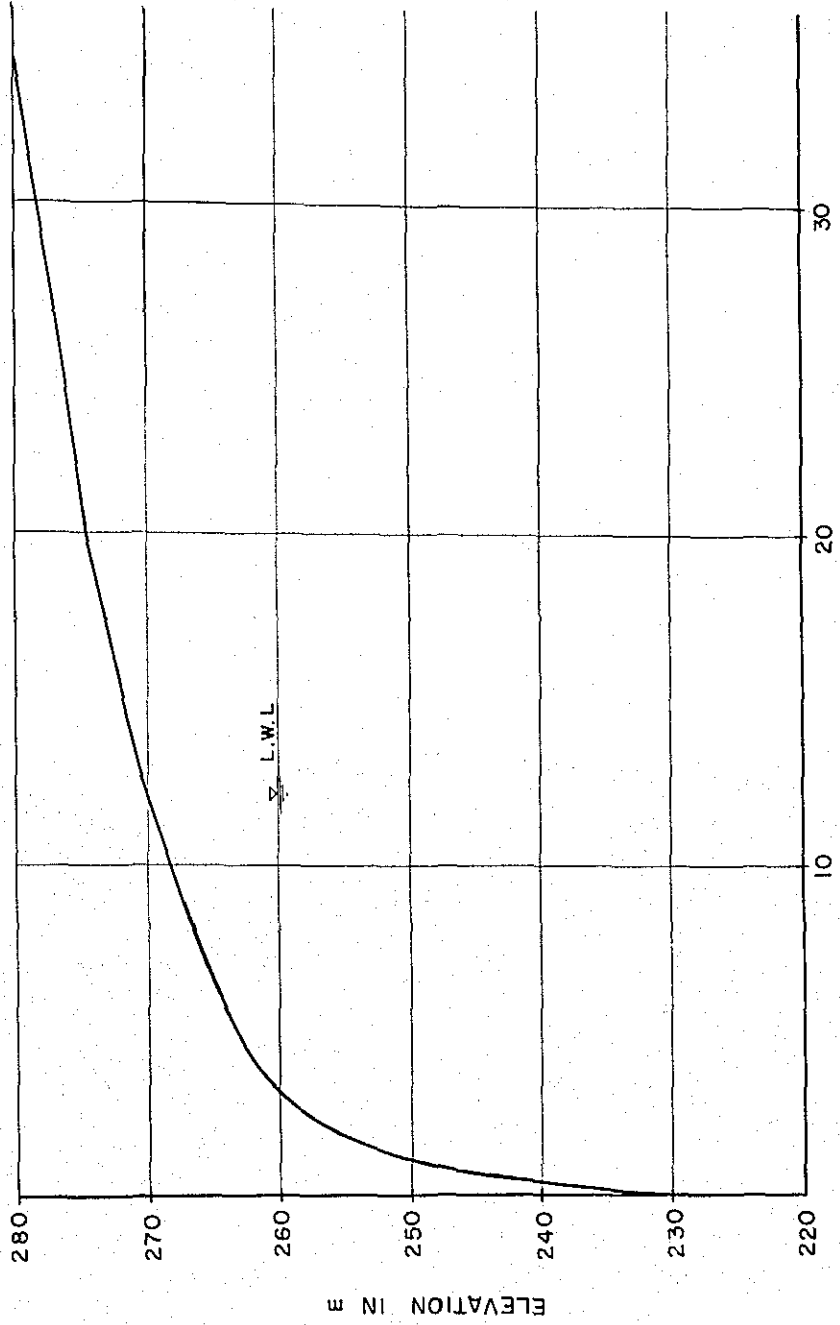


Fig VI -2 RELATIONSHIP BETWEEN STORAGE & WATER LEVEL OF UPPER RESERVOIR, PRIMAVERA SITE

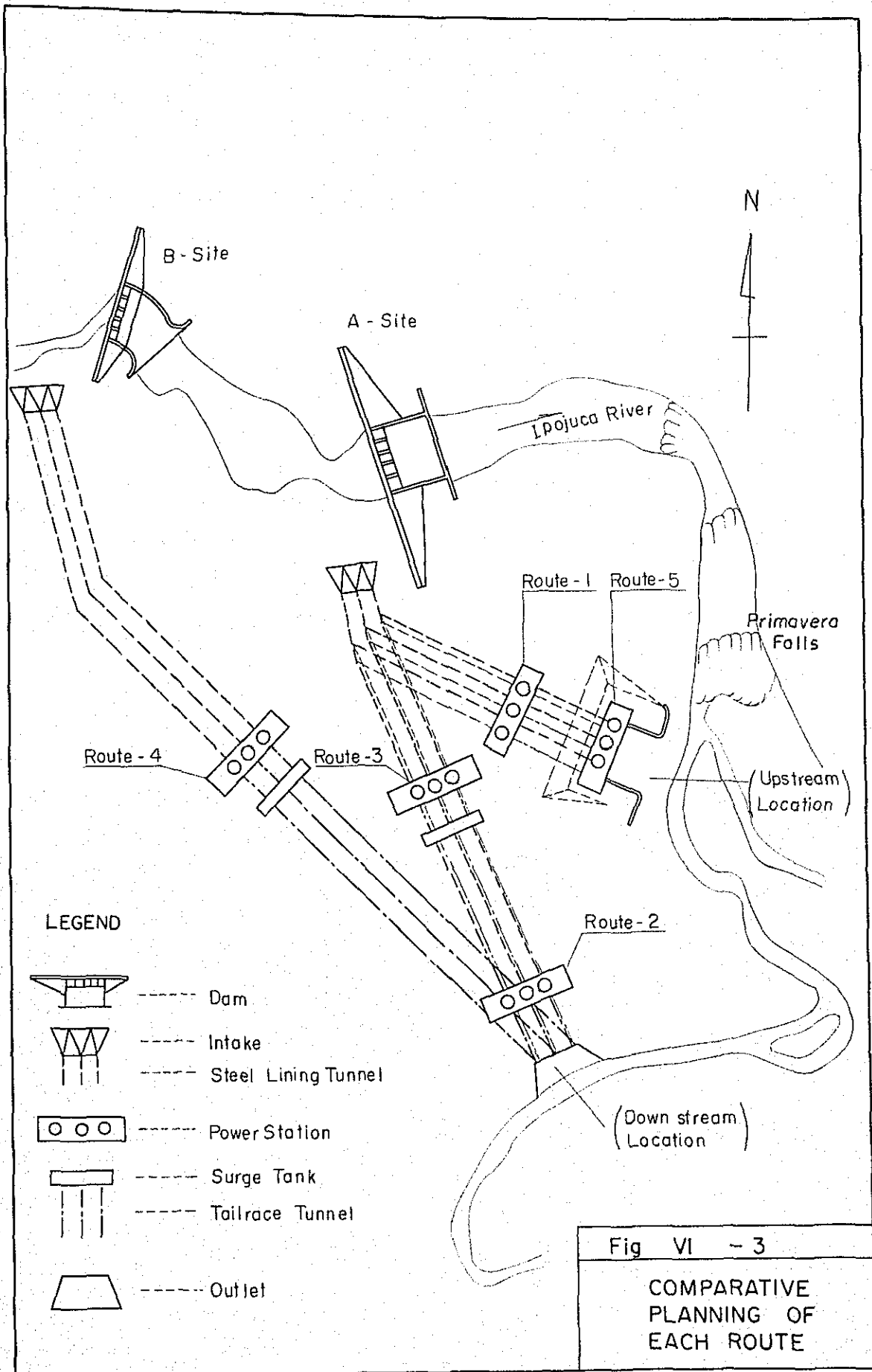


Fig VI - 3  
 COMPARATIVE  
 PLANNING OF  
 EACH ROUTE

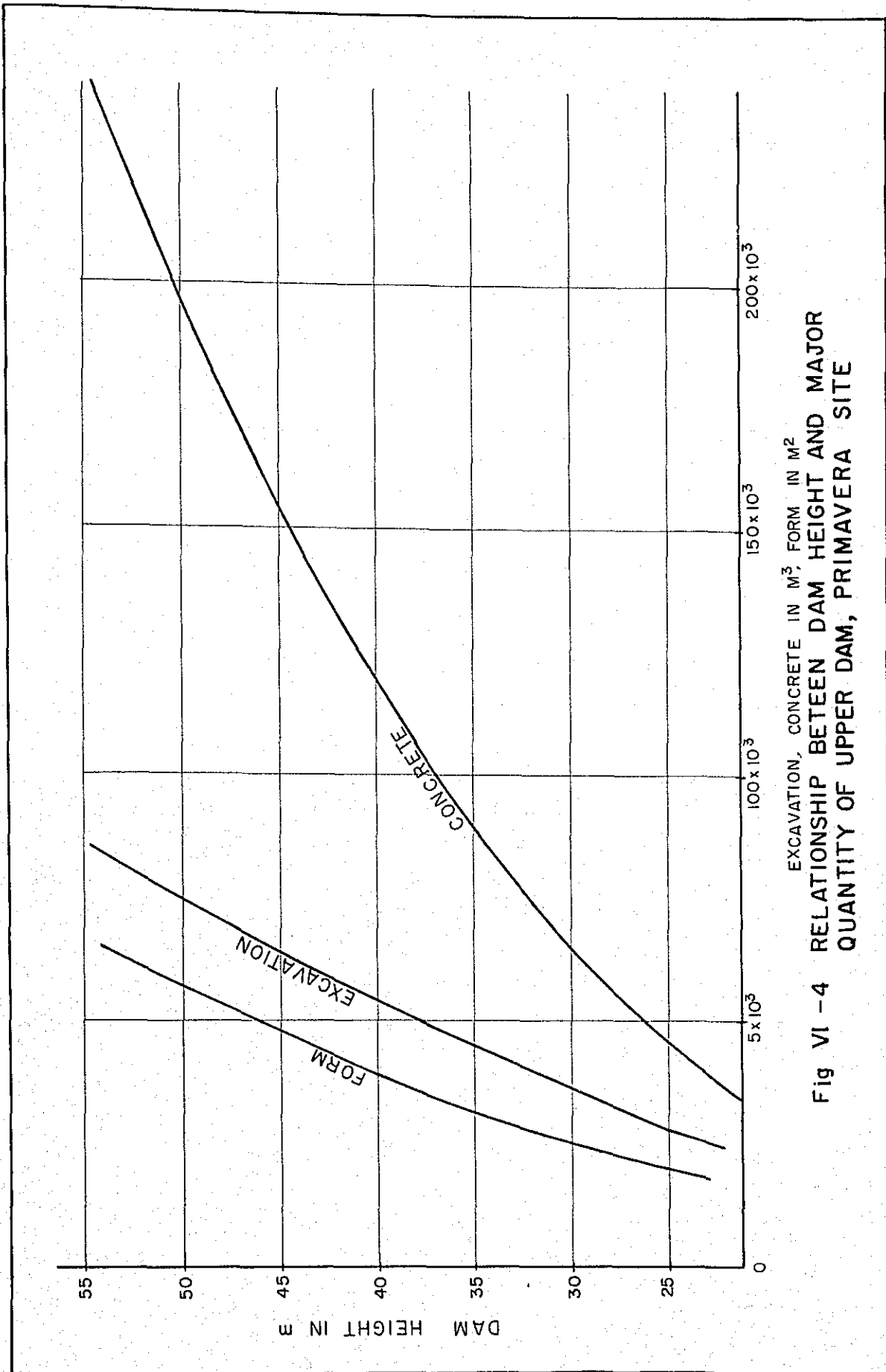
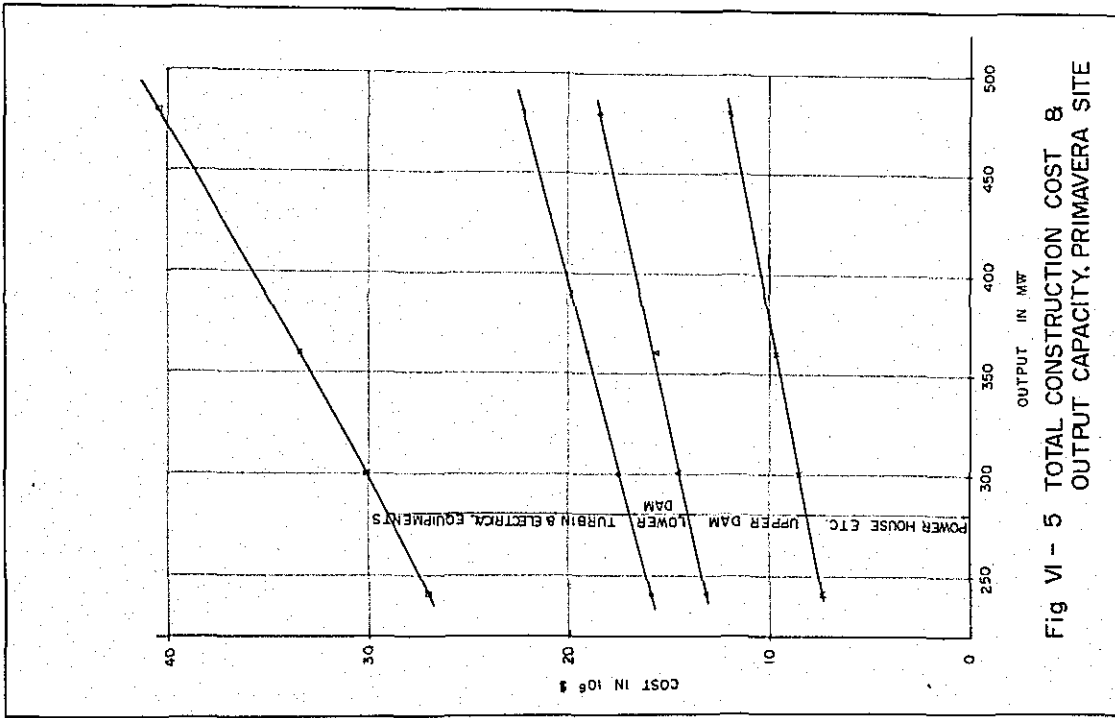
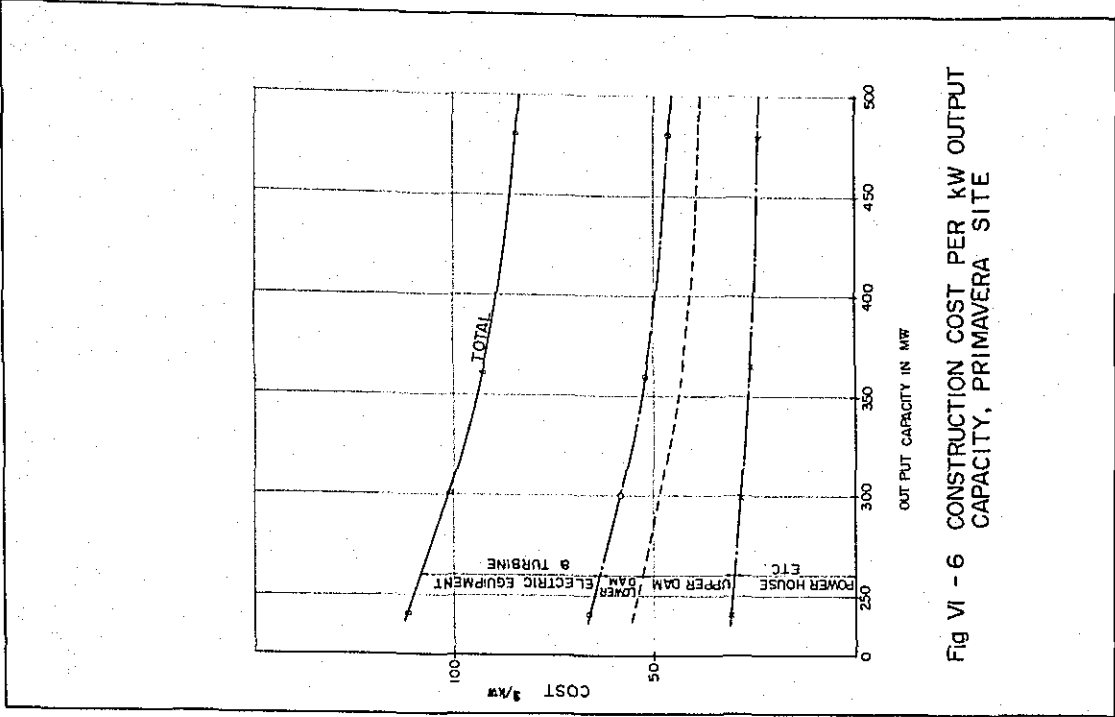


Fig VI -4 RELATIONSHIP BETWEEN DAM HEIGHT AND MAJOR QUANTITY OF UPPER DAM, PRIMAVERA SITE





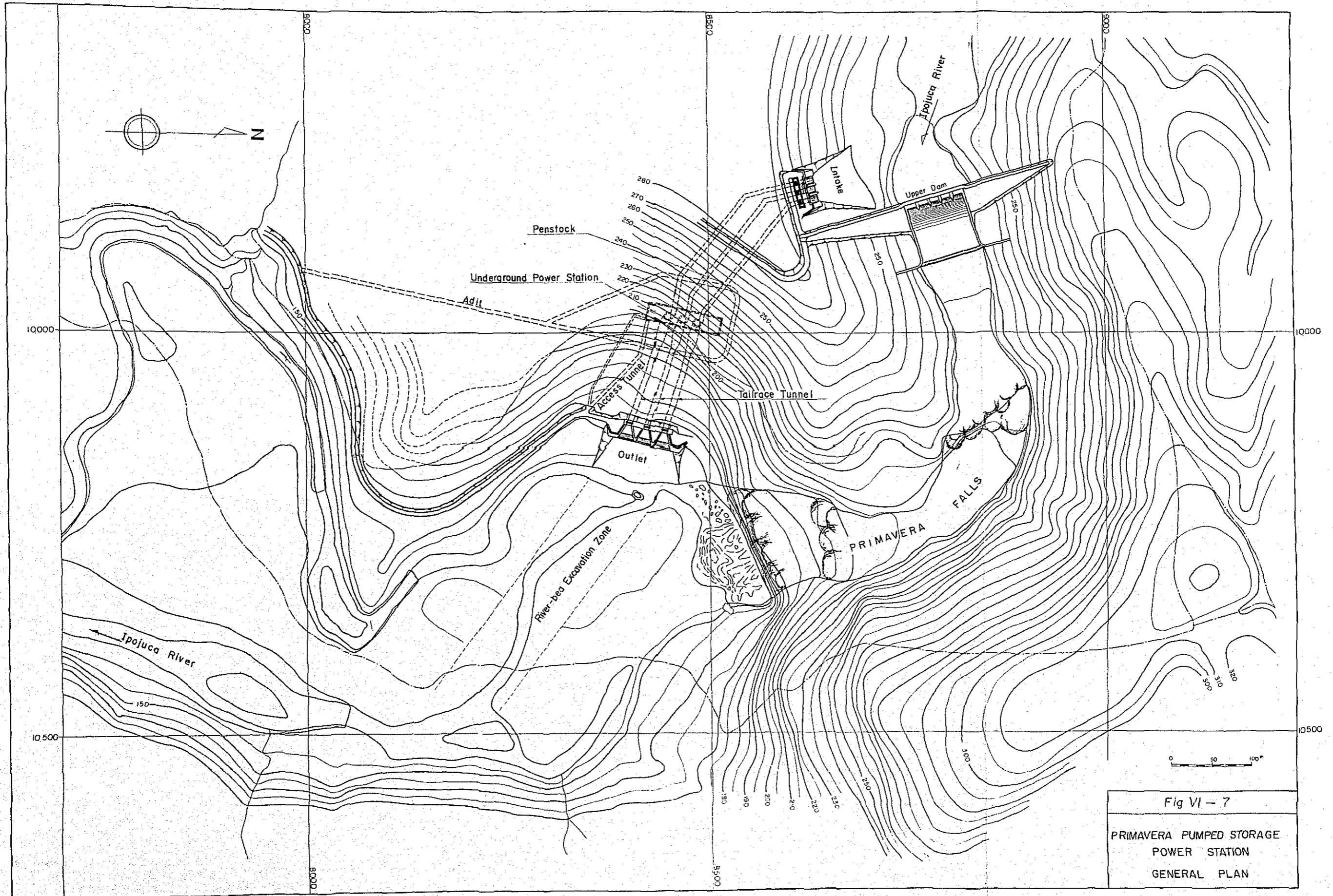


Fig VI - 7  
 PRIMAVERA PUMPED STORAGE  
 POWER STATION  
 GENERAL PLAN

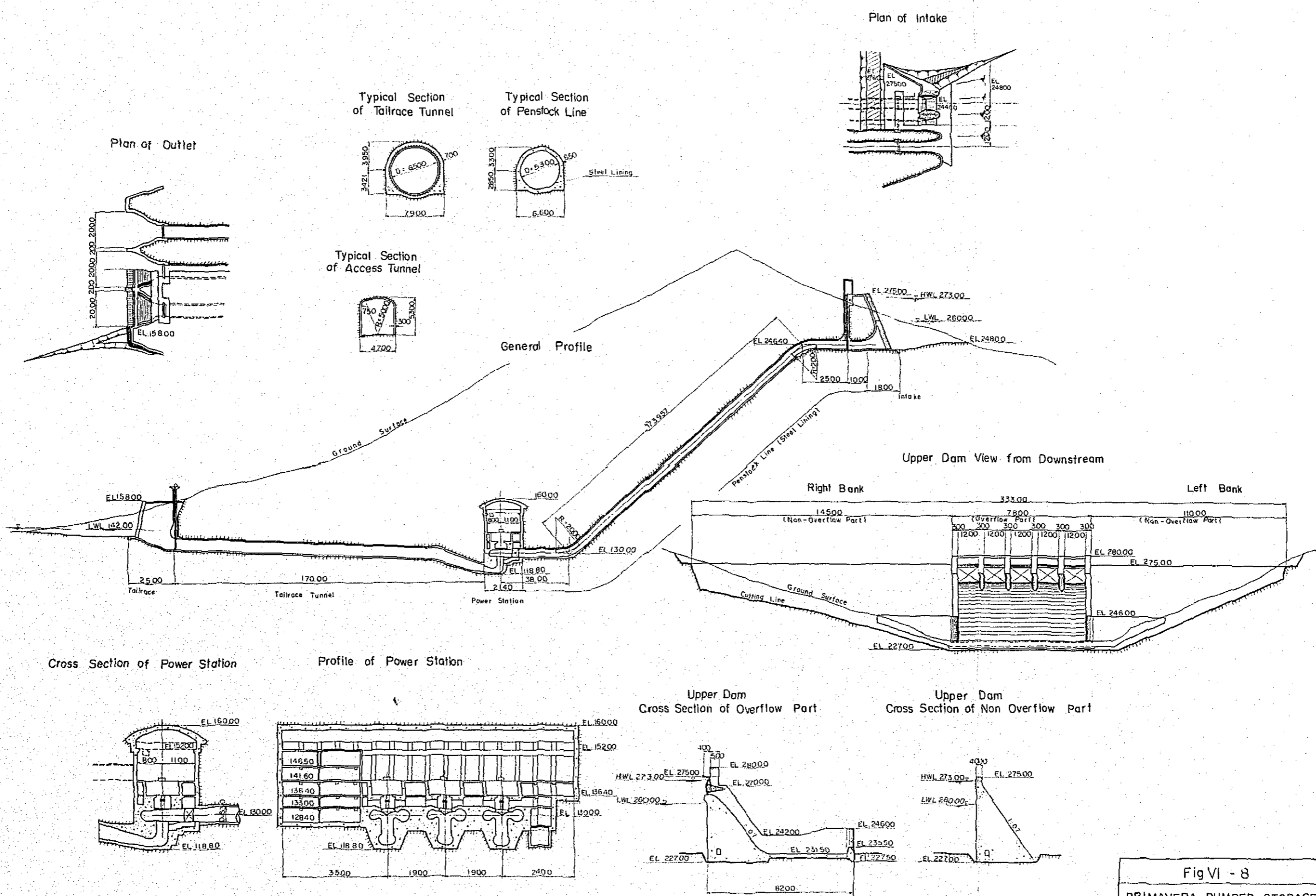


Fig VI - 8  
 PRIMAVERA PUMPED STORAGE  
 POWER STATION  
 GENERAL ARRANGEMENT  
 OF MAIN STRUCTURES

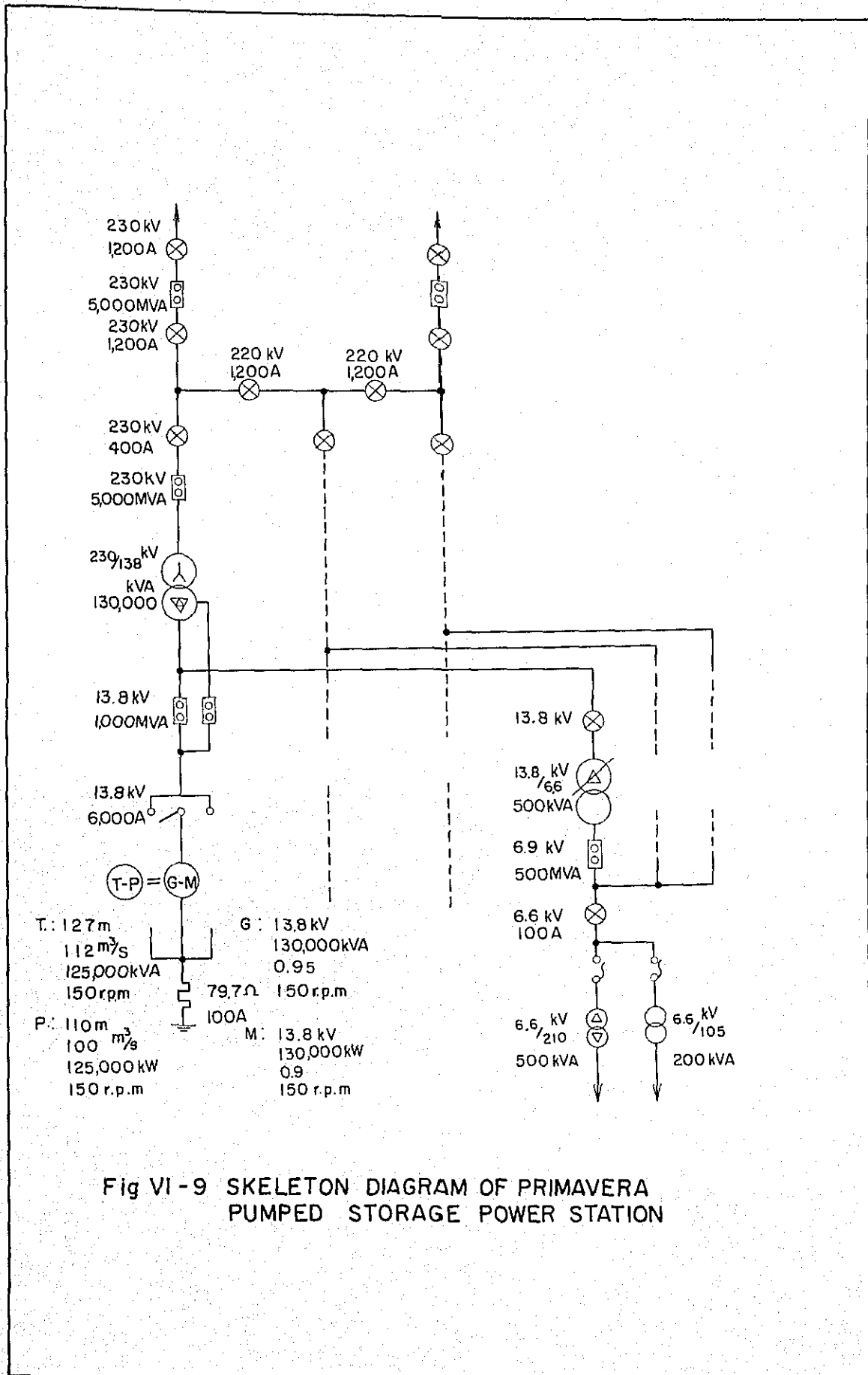
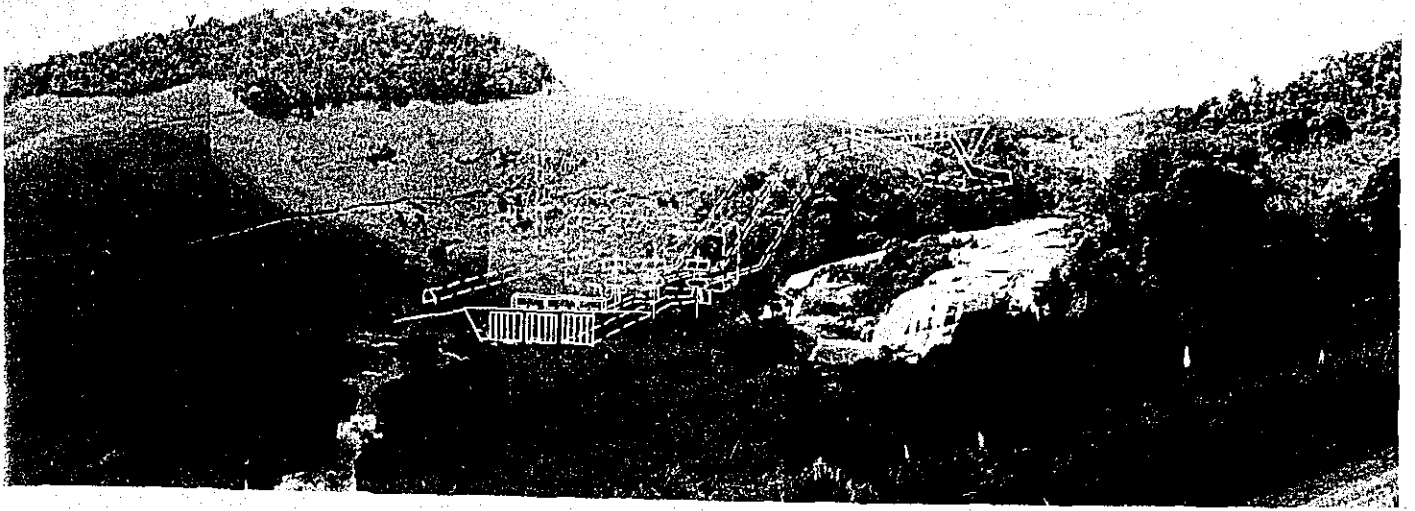


Fig VI -9 SKELETON DIAGRAM OF PRIMAVERA PUMPED STORAGE POWER STATION



Primavera 滝と発電所予定地点

## Primavera 地点

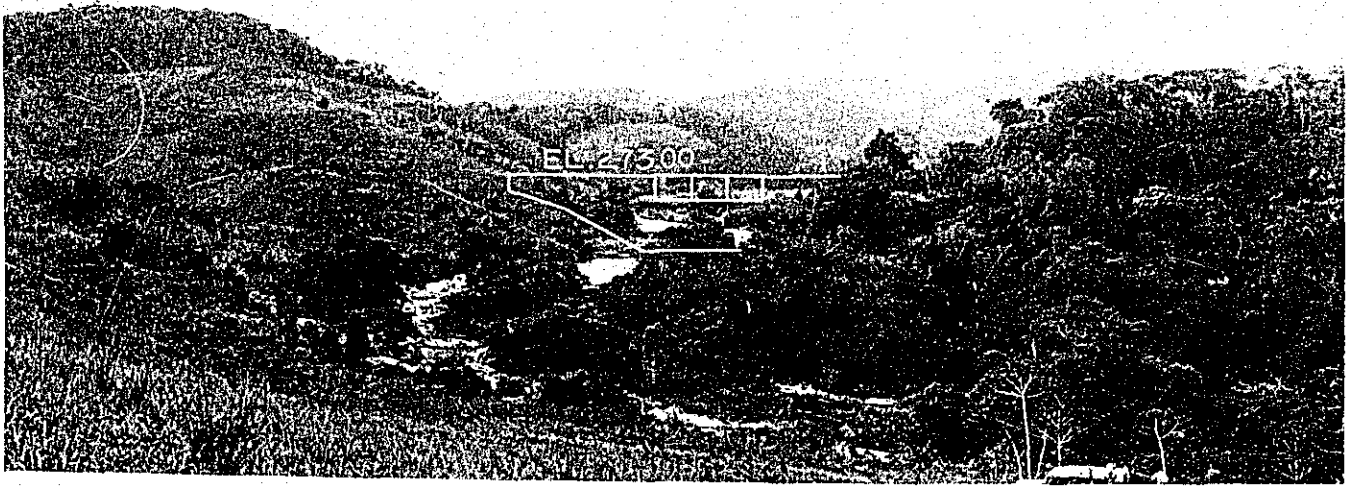
—— 上部貯水池の A ダム候補地点



Primavera 滝遠望



Primavera 計画地点：上部貯水池 A ダム地点を上流より望む



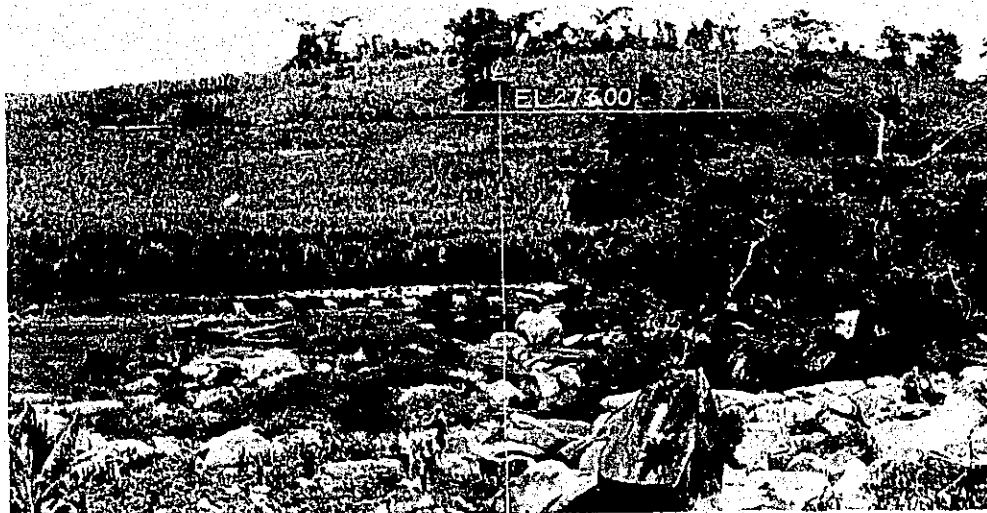
Primavera 計画地点：上部貯水池 B ダム地点を下流より望む

## Primavera 地点

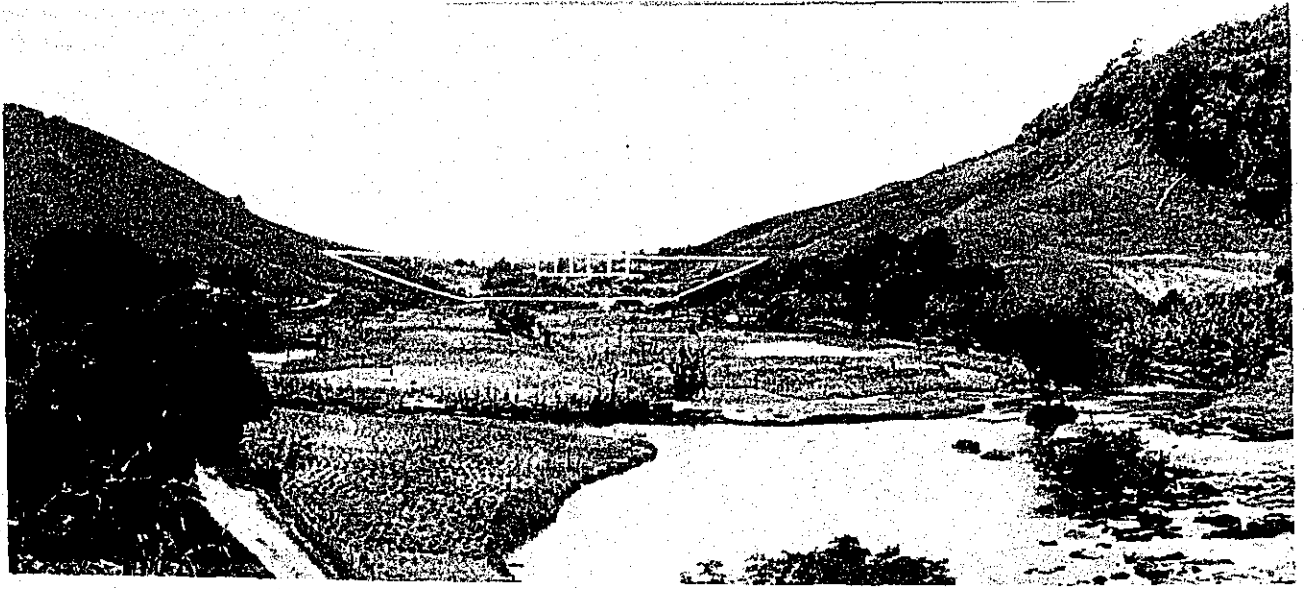
—— 上部貯水池の B ダム候補地点



B ダム地点右岸の状況



B ダム地点左岸の状況



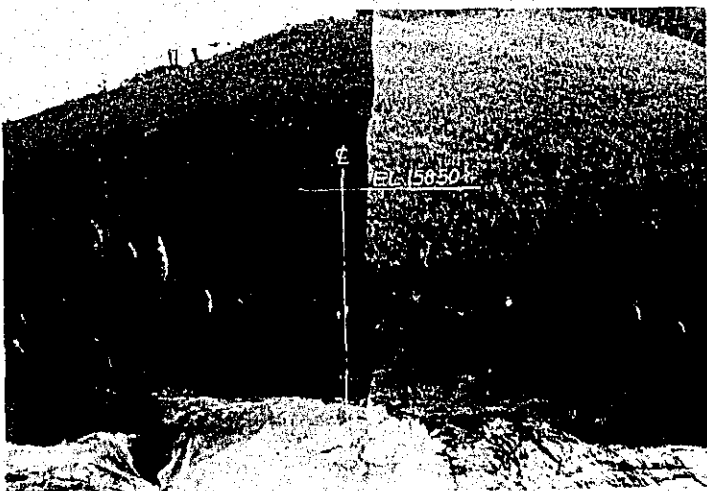
下部貯水池：ダム地点を上流より望む



Primavera 地点下部貯水池を上流より望む

## Primavera 地点

——下部貯水池



ダム地点左岸の状況

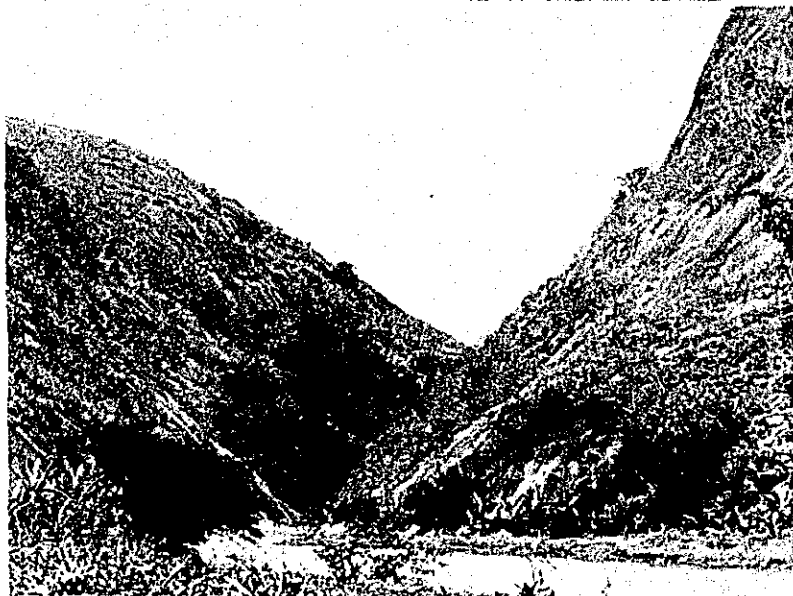


河床の岩盤

Primavera 計画上流  
のダム計画地点全景



Primavera 計画上流  
のダム計画地点



### Primavera 計画上流のその他の地点

Ipojuca 河における揚水計画地点として Primavera 地点があるが、さらに上流にも計画地点がある。



Ipojuca 河踏査の折



# Ⅶ Primavera 地点に関する 電力系統計画

## Ⅶ Primavera 地点に関する電力系統計画

### Ⅶ-1 Nordeste における電力系統の特徴

衆知のように、Nordeste における電力系統は 230kV 超高圧系統がその骨核をなしているが、その特徴すべき点は、第 1 に Recife, Salvador, Fortaleza の 3 つの主要負荷地域に対して、大部分の発電力が数百 km 隔った Paulo Afonso 発電所に集中していること。第 2 に系統規模に比べて、その送電距離が著しく長く、電源地点から負荷地点に向って送電系統が放射状に延長しなければならないことがあげられる。

このことは系統の単純化が可能で、常時系統操作、事故後の復旧操作、あるいは全系統潮流制御については、長所となりうるが、一方供給信頼度面、設備保守面、経済面からいうと決して好ましい条件とはいえない。したがって、これを補なうため系統計画が重要な課題となり、この計画如何により将来の Nordeste における電力コスト、質が左右されるといっても過言ではない。

当地域では、すでにこの点を考慮し、早くから 230kV 系統が採用され、着々とループ系統構成も含めた系統網が構成されつつあり、また近い将来には、400kV 系統が採用されようとしていることは長期的観点から適切な構想である。

すなわち、送電系統の多回線・ループ化は系統分断事故の確率を減少させ、供給の確保に資する所大であるが、一方ループ内の送電線事故により、ループが解列した場合にも供給を停止することなく、片側からループ内全負荷を持つ必要が生ずる。このため常時潮流を送電容量に比べ、低く保つ必要があり、送電設備のある程度の不経済性を免がれることができない。

また送電々圧の上昇は、一般的に送電損失を減少させ、送電コストの減少を図ることとなるが、導入当初は送電・変電設備容量が一挙に増すため、ある程度の先行投資が必要となる。

これをいいかえると、Nordeste における電力供給事業は過去の負荷増に追われた電源設備、送変電設備の建設を脱皮して、それ以上に高信頼度供給を目的とした電力系統の建設にとりかかる時期にさしかかっていると考えられる。

さて、Primavera 地点に関する電力系統であるが、本計画についても上記方針にそう必要があり、これを要約するとつぎのとおりとなる。

#### Ⅶ-1-1 経済的問題

いうまでもなく、Primavera 揚水計画の経済性を論ずるに当っては、これに関連する電力系統費用も、総コストに含めるべきである。すなわち、後述のように揚水発電を付加するために、若干の送変電設備の建設が必要となるが、一方 Paulo Afonso の電源を、揚水電源に代替することにより節約しうる設備も生ずるから、これらの総合的な経済検討が必要である。

#### Ⅶ-1-2 供給信頼度問題

大容量電源を負荷近傍に配置し、全系からみた電源配置を分散させることにより、供給信頼度向上は果せるが、一方複数電源になることは、系統に複雑さを加えることになるから、系統構成に工夫が必要となり、将来さらに強くなる信頼度問題に対して適当な手を打ってゆく必要がある。

#### Ⅶ-1-3 将来への発展性

現在の230kV系統は近い将来400kV系統にとって代わろうとしている。400kV系統導入に当っての最大問題は常に、導入後の既設下位系設備の有効利用であり、今後新設される230kV系統は、将来への発展性について考えることなしには計画はできない。

#### Ⅶ-1-4 ポンプ起動に伴なう問題

揚水発電所のポンプ起動時には系統に急激な負荷がかかり、同時に相当の無効電力がとられるため、電圧が急に低下するおそれがある。特にPrimavera計画においては第1ユニット起動の際の電源は数百km隔ったPaulo Afonso発電所からの電圧でなされるため電圧変動も系統構成如何によっては大きくなるおそれがある。この問題についてはⅥ章ですでに扱った。

次にPrimavera揚水地点に関係する既設230kV系統について今少し詳細に見ることとする。同地点はFig VII-1に示すようにRecife向け既設230kV送電線から約9kmの地点にあり極めて有利である。すなわち、Fig VII-1の系統模擬図に示すように現在Paulo Afonso、Recife間に存在する送電線は230kV 636MCM<sup>(1)</sup>単導体送電線2回線が運転しており、さらに同種導体1回線の増架工事はほぼ完成し、現在工事中のPaulo Afonso発電所7~9号機(80MW×3台)が完成する1967年末までには開閉設備も備え、3回線運転に入るといふ。本送電線の中間にはAngelim変電所が存在し、Paulo Afonso、Angelim間222km、Angelim、Bongi (Recife)間184kmの送電距離を有する。この変電所はこの地域周辺つまりPeruambuco州中部、Alagoas州の大半の負荷をとる他、Paraíba州Campina Grande方面への138kV送電線<sup>(2)</sup>の分岐点として、また将来Campina Grande、Recifeをめぐる230kV大リング系統の起点として重要であるが、さらに系統面からは、Paulo Afonso、Recife間406km送電線の中間開閉所として系統安定度面で大きな役割を果たしている。

本送電線の送電容量は熱容量的には1回線当り約270MWであるが、実際には長距離であるため、定態安定度限界で抑えられ、1回線当り145MW程度と考えられる。多回線送電線の場合過渡安定度限界が問題となり、これは発生する事故様相、継続時間等に左右され、過渡安定度問題として詳細な検討が必要であるが、苛酷な事故を想定しない限り常識的にはこの送電距離では定態安定限界電力を上まわることとなる。

(1) 約310mm<sup>2</sup>相当

(2) 本送電線は230kV設計である。

したがって揚水発電が今後フルに開発される場合、すなわちV-3で検討したように全系統容量930MWに対してRecife付近に240MWの揚水が開発されるとPaulo Afonso, Recife間に同種線路3~4回線が必要となり、また揚水開発をせず、すべてPaulo Afonso発電所に頼るものとする4~5回線の送電線が必要となる。

もちろん中間のAngelim変電所で相当の負荷が落ちるし、また将来Angelim変電所以下は大リング系統が構成されるのでこれらの回線数は正確にはPaulo Afonso, Angelim間と解すべきで、それ以降は各部潮流の詳細な検討が必要である。

また、Primavera地点が系統に並列され、発電が行なわれると、Primavera・Bongi間潮流はPaulo Afonso発電力とPrimavera揚水発電力とが重畳して大きくなり、揚水を開発をしない場合と同一の値を示すこととなる。しかし、送電距離が60kmという短かさであるから送電容量は導体安全電流近くまでとることができて、特に送電線増強を必要としない。

## VII-2 Primavera揚水計画に関する系統計画

VII-1において本系統計画について考慮すべき事項を述べたので、具体的な検討を行なうこととする。

Primavera地点は既設Angelim, Bongi間230kV既設送電線から約9km隔るだけであるので、この送電線に何らかの方法で接続するのが容易である。この付近の平面図はFig VII-1に示したが、ここで考慮すべき点はつぎのとおりである。

- (i) 将来400kV系統がRecife付近にまで引き込まれることとなるが、市内まで持ち込むことは変電所敷地、弱電線に対する誘導障害等で問題が生じ、郊外に400kV拠点を作る場合、これをどこにするか。
- (ii) Recife市南部地区は、工業開発地区に指定され、その立地条件もよく将来工業負荷が相当発生するものと考えられている。このため現在Bongi変電所から69kVで供給されているPirapama変電所がこの工業負荷供給変電所として将来230kVに昇圧される予定で既に用地が確保、整地されている。つまりこの230kV供給系統を如何に計画するか。
- (iii) Primavera発電所引き出し用変電所は現地踏査の結論では地上変電所が有利であろうとされている。しかし、測量図を持たない現在、どの程度の変電所敷地が経済的に整地しうるかが不明である。したがって230kV送電線何回線を引き込むこととするか。

以上の問題を考慮した上で、比較的妥当と思われる引込み3案の単線結線図をFig VII-3に示す。

第1案. 既設230kV送電線下に開閉所を新設し、これを中心にPrimavera発電所およびPirapama変電所に230kV送電線を新設するものである。新設開閉所の位置は新設送電線の巨長を最小にするため、両者間を結ぶ直線と既設230kV

送電線の交わる点付近が望ましい。

第2案、既設230kV送電線の必要分を、Primavera発電所およびPirapama変電所に $\pi$ 引込みする。

第3案、230kV送電線の拠点をPirapama変電所とし既設230kV送電線を全て引き込む。Primavera発電所引込み送電線も同変電所から出す。

もちろん同図はPrimavera地点の開発が進んだ時点における最終システムを示したもので、1号機運転開始等の初期には例えばPrimavera発電所引込みを1回線とするか、あるいは既設230kV送電線の1回線 $\pi$ 引込み等によりシステムの簡素化は可能である。

以上の3案に対して、VII-1で述べた見地からの比較を行なうとつぎのとおりとなる。

#### (a) 経済的問題

Primavera計画に関連する送・変電設備の工事概算比較表をTable VII-1に示す。これはPrimaveraの発電容量360MWとして現在工事中または計画中の工事予算あるいは既設々備工事費を参考にして算出したものであり、揚水発電所昇圧変圧器以降の開閉設備はこれに含まれない。なお注意すべき点は、工事費合計にはPirapama変電所供給システム工事費も含むので、揚水発電の経済性を論ずる場合、これを差引く必要がある。

同表から明らかなように第2案、つまり、既設送電線を2回線Primavera発電所に $\pi$ 引込みし、また残る1回線をPirapama変電所に $\pi$ 引込みする案が最も安価である。

#### (b) 供給信頼度問題

常時システム各部に十分な容量がありかつシステム構成設備に十分な改修を加え、事故確率を最小に留めても、なおある確率をもって発生する設備事故時にシステムが対処するのに十分な容量をもたなければ、十分な信頼度を持つとはいえない。提出した案をこの観点から比較すると、つぎのとおりとなる。

##### (i) Primavera発電所、既設送電線(または、Escada開閉所)間における事故。

1回線送電線事故……事故時残る健全回線が120%過負荷を許容するならば1回線容量約370MWまで許容しうるからPrimavera発電所出力は360MWまでは影響を受けない。しかしこれ以上の発電容量となると線路を太くするか、回線を増設するかまたは1ユニットの発電制限が必要となる。

2回線送電線事故……第1、3案ではPrimaveraは発電力を失う。第2案ではRecife側に事故が発生するとRecife、Pirapama変電所につながる送電線は1回線のみとなり、過負荷連鎖トリップにより全停電となる。また、Angelim変電所側事故でもPrimavera揚水時は残る1回線の過負荷連鎖トリップのおそれがあるので、揚水負荷しゃ断が必要となる。

##### (ii) Pirapama変電所、既設送電線における事故

1回線送電線事故……Pirapama変電所負荷如何によるが、320MWまでは

Table VII-1 PRIMAVERA 揚水計画および PIRAPAMA 変電所供給に関する送・変電設備工事概算表

POWER SYSTEM MAP	PLAN-I		PLAN-II		PLAN-III		REMARKS
TRANSMISSION LINES	US\$ × 10 <sup>3</sup>		US\$ × 10 <sup>3</sup>		US\$ × 10 <sup>3</sup>		
	504.0	① ESCADA-PRIMAVERA 230kV 410mm <sup>2</sup> 2cct. 18.0 km	476.0	① PRIMAVERA-EXISTING LINES 230kV 410mm <sup>2</sup> 2cct × 2 8.5 km	1,050.0	① PIRAPAMA-PRIMAVERA 230kV 410mm <sup>2</sup> 2cct 37.5 km	unit cost : 230kV 410mm <sup>2</sup> 2cct
	507.0	② ESCADA-PIRAPAMA 230kV 310mm <sup>2</sup> 2cct. 19.5 km	260.0	② PIRAPAMA-EXISTING LINES 230kV 310mm <sup>2</sup> 2cct 10.0 km	780.0	② PIRAPAMA-EXISTING LINES 230kV 310mm <sup>2</sup> 2cct × 3 10.0 km	---US\$ 26 × 10 <sup>3</sup> /km 230kV 310mm <sup>2</sup> 2cct
	(1,011.0)	SUB-TOTAL	(736.0)	SUB-TOTAL	(1,775.0)	SUB-TOTAL	---US\$ 26 × 10 <sup>3</sup> /km
SUBSTATIONS AND SWITCHING STATIONS	604.9	① PRIMAVERA EQUIP. 230kV 2cct. L.S. 1 ---592.4 CIVIL 116m × 108m ..... 12.5	987.5	① PRIMAVERA EQUIP. 230kV 2cct. B.T. 1 ---967.0 CIVIL 168 × 122m ..... 20.5	604.9	① PRIMAVERA THE SAME AS PLAN-I	B.T.: BUS TIE L.S.: BUS SECTION LINE SWITCH
	226.4	② PIRAPAMA EQUIP. 230kV 2cct 226.4 CIVIL 0	226.4	② PIRAPAMA THE SAME AS PLAN-I	1,089.2	② PIRAPAMA EQUIP. 230kV 6cct. B.T. 1-1089.2 CIVIL 0	
	1,003.5	③ ESCADA EQUIP. 230kV 2cct. B.T. 1 ..... 1,009.2 CIVIL 123m × 234m 14.3					
	(1,834.8)	SUB-TOTAL	(1,213.9)	SUB-TOTAL	(1,694.1)	SUB-TOTAL	
TOTAL	2,846		1,950		3,469		

全案とも被害を受けない。

2 回線送電線事故 ..... 全案共に Pirapama 変電所全停

(iii) 電気所母線における事故

第 1 案では Escada 開閉所、第 2 案では Primavera 発電所、第 3 案では Pirapama 変電所母線事故により Recife 地区全停電となる。したがって、これら特に重要な母線は複母線または 1 ½ 母線方式とし、母線保護装置による選択しや断を必要とする。

以上のように第 2 案については Primavera 発電所引込み送電線 2 回線事故による Recife 地区全停電の可能性があり、系統構成上望ましい形とはいえないのに対し第 1, 3 案はほぼ同等の信頼度を有する。

(c) 将来への発展性

将来 400kV 系統が本地域へ導入された時の形態について考えることとする。

(i) 第 1 案では、Escada 開閉所を Recife 地区の 400kV 拠点とし <sup>400</sup>/<sub>230</sub>kV 単捲変圧器を設置し、ここより各所に 230kV 送電線を派出する。Escada, Recife 間は 40 km であり、理想的な形態が完成する。

(ii) 第 2 案では、Primavera に 400kV 拠点が考えられるが、230kV 変電所に隣接して用地を得ること地形上困難でしかも 400kV 変電機器の重量物運搬に不便である。したがって 400kV 拠点変電所を既設 230kV 送電線の引込み変更工

事費の最も安い地点に新設する必要があり、この場合400kV変電所、275kV設備新設の他、既設230kV送電線が長くなり無駄が多い。

(Ⅲ) 第3案ではPirapama変電所を400kV拠点とすることにより、系統的には理想的な形となるが、用地確保に疑問が残る。

以上を要するに第1案は将来の発展性においてまさり、第2案は当面の経済性においてすぐれている。第3案は不経済にすぎる。しかし第2案は、当面の230kV系統において供給信頼度上の問題を残し、また将来400kV導入時にも230kV送電線引込みに無駄が生ずるからすでに400kV導入が具体的にになった現在、ある程度の先行投資が必要となるが第1案を推奨したい。

### Ⅶ-3 系統計画の実際に当り考慮すべきこと

Primavera揚水に関する系統計画について検討し、結論を得たが、系統計画の実際に当って考慮すべきことおよび現地における調査の際感じた点を述べることにする。

#### Ⅶ-3-1 Primavera揚水に関する系統計画について

前節における検討では総合比較の結果、第1案を適当としたが、さらに下記のように不明な点を残すので、今後の調査を進める必要がある。

##### (a) 各電気所用地と機器運搬道路について

各電気所は地図から適当な用地が得られるものと考えたが、現地調査が必要となろう。特にEscada付近に新設すべき開閉所については、将来の400kV拠点変電所位置も指定することになるので、慎重な位置決定をする必要がある。

また、電気所への機器運搬道路工事費を省略してあるが、正確には経済計算に入れるべきである。各電気所はPrimaveraを除いてRecifeからのハイウェイの近傍に考えることができ、ハイウェイからはずれて電気所までの数kmの道路建設で充分であろう。

##### (b) 各電気所における勤務員について

勤務員給料は現在、設備費にくらべて無視できるので今回の経済比較からは省略した。しかし数量的には第1案がPrimavera、PirapamaおよびEscadaの3カ所に勤務員が必要であるのに対し、第2案は2カ所のみである。したがって正確にはこれを考慮する必要がある。

なお、各電気所間距離は数十kmオーダーゆえ、いずれか1カ所にコントロールセンターを設け、遠隔監視制御装置を付加設置し、電気所を無人化する方法がある。

##### (c) Angelim-Campina Grande-Recifeをめぐりリング系統について

CHESFによる将来計画あるいはSUDENEによるNordeste電化5カ年計画によれば、標題の230kVループ系統が近い将来完成すると発表されている。仮にこれが完成したとすると、第2案ではPrimavera引込み送電線のRecife側で事故

が発生しても Campina Grande 側の送電線に十分な余裕があれば、Recife 地区は全停に至らず供給を続けられるし、また Primavera 発電所は Angelim 側について全系としては電源脱落はなくなる。しかし現在工事中という Bongi, Goianinha 変電所間送電線が 138kV 設計で進められているので、完全なるループ運用が可能か疑問がある。また、ループが大きすぎて常時ループには経済的なデメリットが大きすぎるようにも思われる。

(d) 経済比較に使用した建設単価

経済比較に使用した建設単価は工事予算あるいは既設設備工事費を参考にして推定したものであるが、参考までに使用した数字を掲げる。

開閉所設備

送電線側引出し設備 LS×2, CB×1, PD×1, CT×1, 制御装置  
(単母線に接続) .....

US\$ 113.2×10<sup>3</sup>

同上 LS×3, CB×1, PD×1, CT×1, 制御装置  
(複母線に接続) .....

US\$ 122.0×10<sup>3</sup>

変圧器側引出し設備 LS×1, CB×1, CT×1, 制御装置  
(単母線に接続) .....

US\$ 104.4×10<sup>3</sup>

同上 LS×2, CB×1, CT×1, 制御装置  
(複母線に接続) .....

US\$ 113.2×10<sup>3</sup>

ブセクション断路器 LS×1

(単母線の場合) ..... US\$ 8.8×10<sup>3</sup>

ブス・タイシャ断器 LS×2, CB×1, CT×1, 制御装置

(複母線の場合) ..... US\$ 113.2×10<sup>3</sup>

電気所用地土木整地費

Primavera 地上変電所 ..... US\$ 1.0 /m<sup>2</sup>

Escada 付近開閉所 ..... US\$ 0.5 /m<sup>2</sup>

Pirapama 変電所 ..... 既に整地済として計上せず。



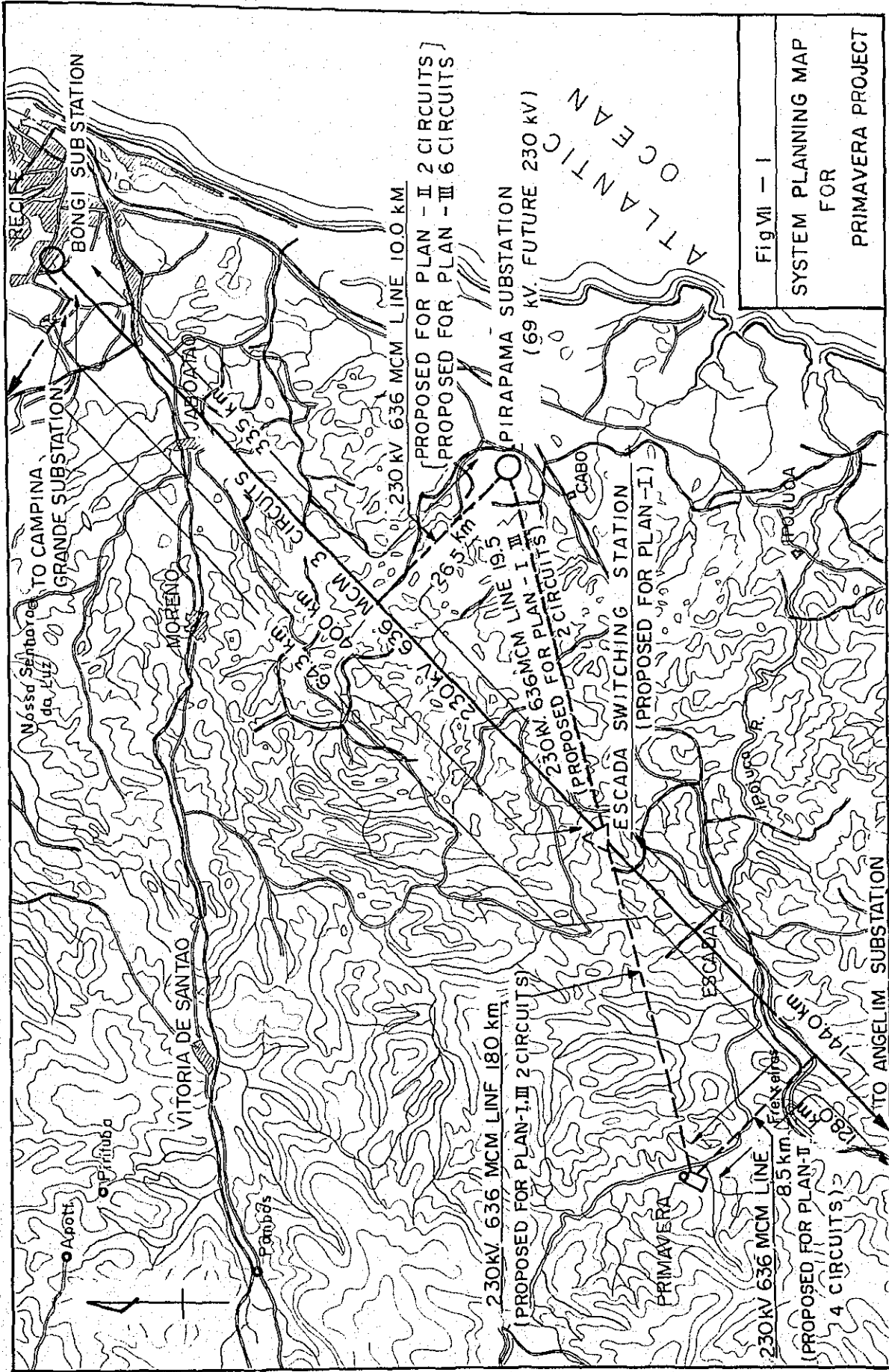
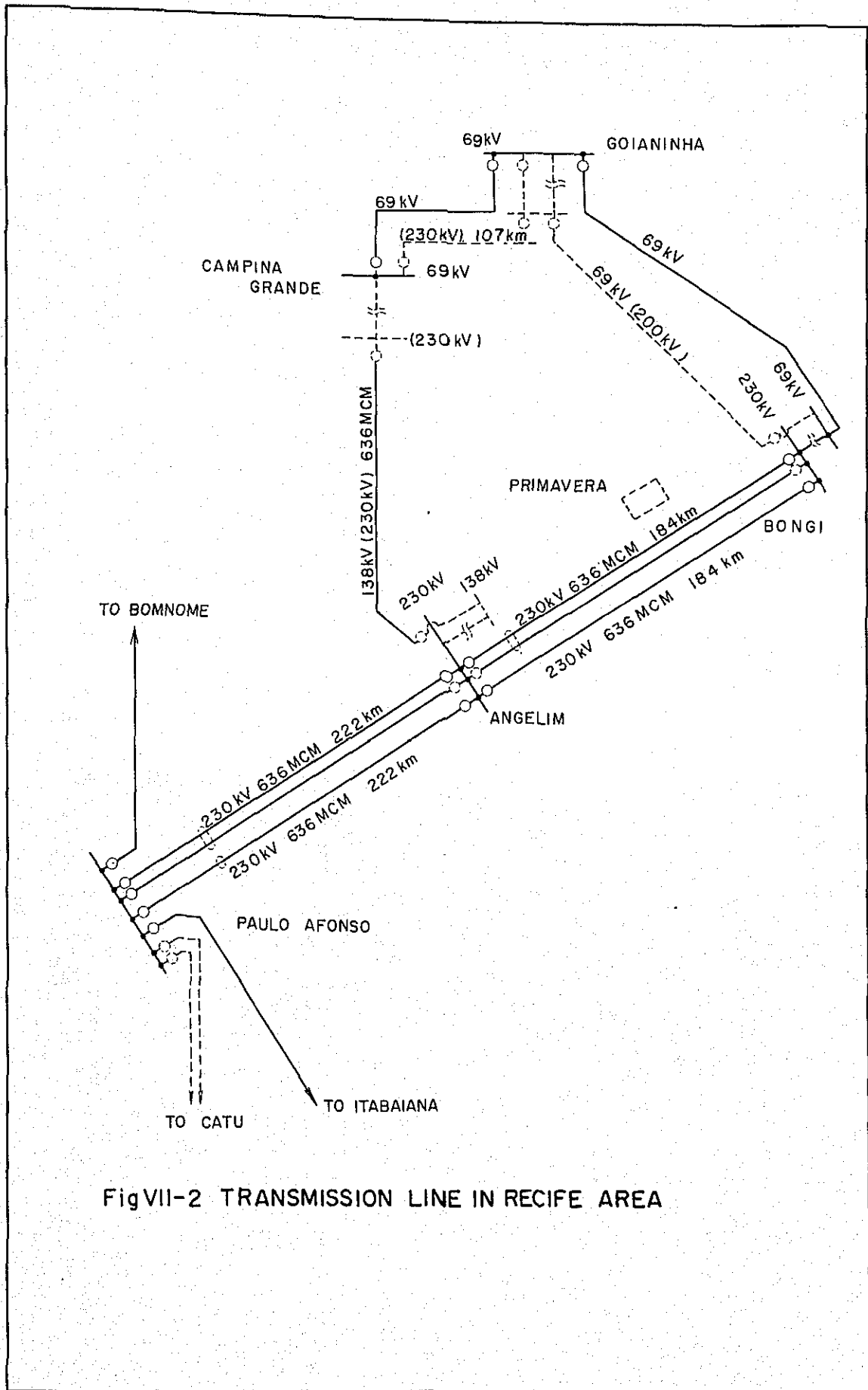
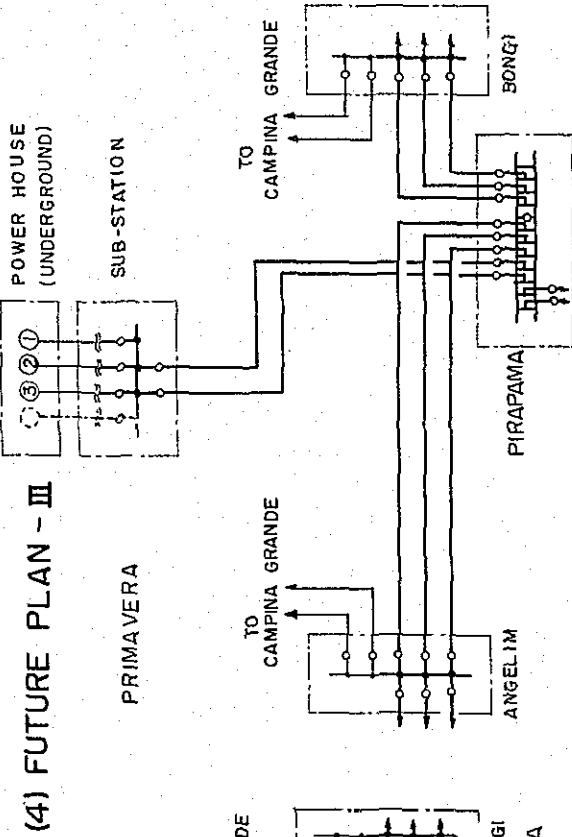
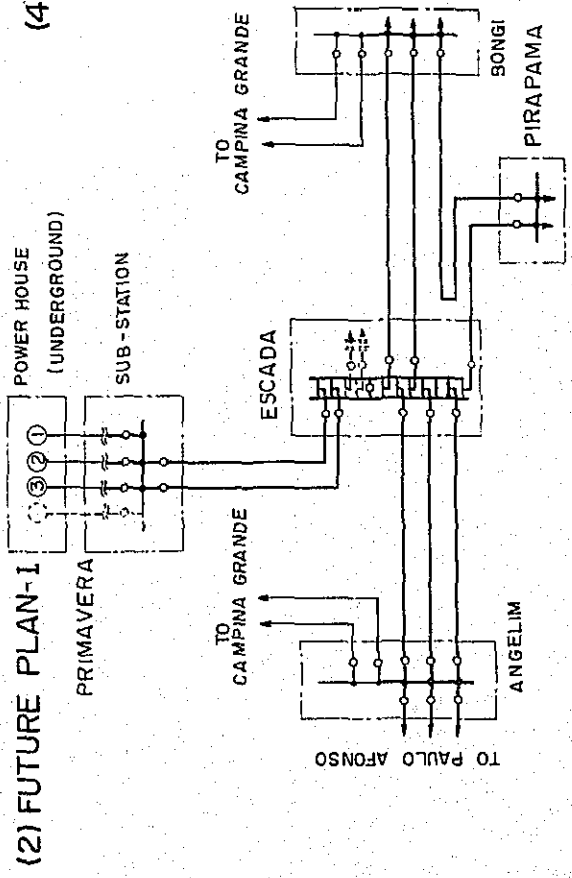
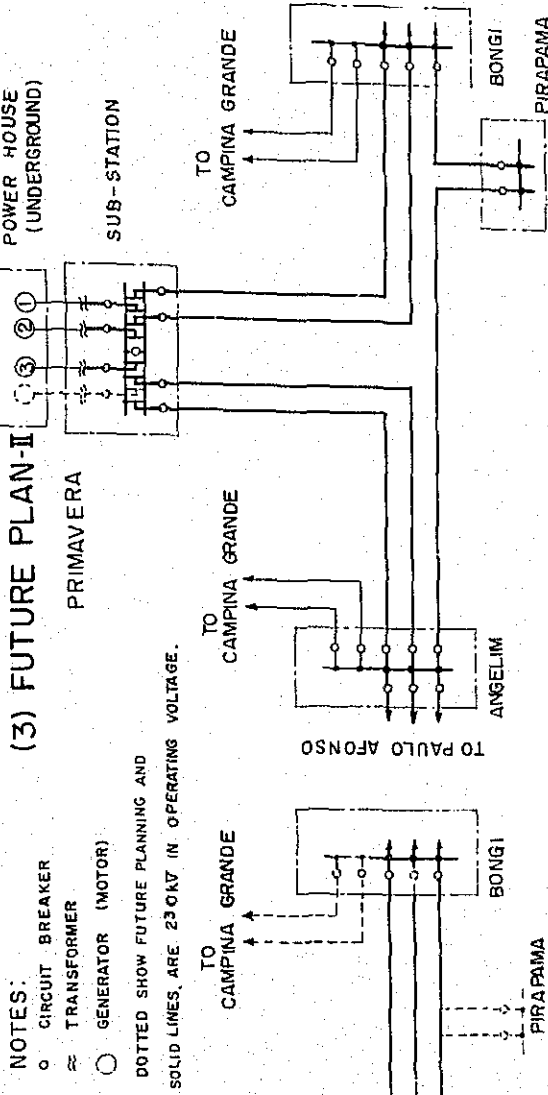


Fig VI - I  
 SYSTEM PLANNING MAP  
 FOR  
 PRIMAVERA PROJECT



FigVII-2 TRANSMISSION LINE IN RECIFE AREA

Fig VI - 3  
**POWER SYSTEM PLANNING  
 FOR PRIMAVERA PROJECT**  
 (1) EXISTING



## VIII その他の揚水発電地点について

## VIII その他の揚水発電地点について

Primavera 地点にとどまらず、将来揚水発電所は Nordeste に散在する需要中心地付近に逐次設置されるべきものであって、それだからこそ、その特徴と有利性を発揮できるものであることは明白である。Primavera の地点は稼働初期には、Nordeste 全体のバランスを考えた運転を行なうのであって、需要が大きくなるにしたがって、Recife 市のピーク専用の発電所となり、将来はさらに、新しい揚水発電所を建設しなければならないであろう。

したがって、他の都市、Salvador や Fortaleza に対しても揚水発電所を建設することが必要になってくるであろう。さらに高性能火力・原子力発電が行なわれるようになった場合は、ますます揚水発電との組合せが必要となってくるので、揚水発電の必要性は将来も変わらない。

では、その可能性はどうであろうか。純揚水発電としてならば、立地条件と地形的条件が整えば流量がなくとも簡単に採算に乗せることができる。また多目的ダムの利用や、流量の不十分な河川については、混合式揚水発電を採用する等その応用範囲は広く、一般水力地点に比べて計画地点の制約条件は却って少くなる。したがって候補地点は一般水力地点より多く存在するはずである。

### VIII-1 Salvador 地域の揚水発電計画地点の特徴

Salvador 地域については、COELBA が調査した Paraguaçu 河下流部の詳細な資料があり、これに基づいて Bananeiras 発電所付近につき踏査した。

この地域の特徴としては、高原台地が標高 200m 程度で海岸まで張出していることと、Todos os Santos 湾がこれに喰込んでいるため、この湾の西岸で容易に落差を得られるものと推定される。この場合は海水揚水となるので、問題はあがるが、下部貯水池建設費が不要である。高原台地は Paraguaçu 河により削られ、峡谷となっているので Bananeiras 発電所付近から、Cachoeira 町一帯においても落差を取れるが、この場合は下部貯水池は Paraguaçu 河を用いることになるので洪水吐の設備費が割高となる。

試案として S. Felix 地点を 100MW として、概略計画を行なえば、

#### 上部貯水池

満水位	EL.120.0 m
利用水深	20.0 m
有効貯水量	6,120,000 m <sup>3</sup>
ダム	天端 EL.122.0 m, 高さ 36.0 m, 堤頂長 225.0 m, 型式 コンクリート重力式 堤体積 50,000 m <sup>3</sup>
副ダム	天端 EL.124.0 m, 高さ 14.0 m, 堤頂長 420.0 m, 型式 アースダム 堤体積 88,000 m <sup>3</sup>

下部貯水池

満水位	EL12.0 m
利用水深	7.0 m
有効貯水量	4,000,000m <sup>3</sup> (下部ダム～Pedra do Cavalloダム予定地点)
ダム	非越流部天端EL14.0m, 高さ14.0m, 堤頂長290m, 型式 コンクリート重力式, 堤体積33,000m <sup>3</sup> , 洪水吐高さ8.0m × 巾12.0m 15門

取水口以下は発電所がヘッドタイプとテイルタイプによって構造物の諸元が変る。

	(1)ヘッドタイプの場合	(2)テイルタイプの場合
導水路	なし	内径5.8m 延長400.0m
水圧管路	内張式 内径5.8m～5.0m 延長 162.0m	内張式 内径5.8m～5.0m 延長 300.0m
発電所	地下式	半地下式
放水路	圧力式 延長600.0m	開渠 延長170.0m
最大使用水量	120m <sup>3</sup> /s	
総落差	115.0m～88.0m	
最大出力	100,000 kW	
工事費 (US\$)		
上部ダム	2,330,000 (23.3 \$/kW)	
下部ダム	2,210,000 (22.1 \$/kW)	
	ヘッドタイプ	テイルタイプ
水路	1,170,000 (11.7 \$/kW)	1,670,000 (16.7 \$/kW)
発電所	978,000 (9.8 \$/kW)	723,000 (7.2 \$/kW)
機器	3,900,000 (39.0 \$/kW)	3,900,000 (39.0 \$/kW)
合計	10,588,000 (105.9 \$/kW)	10,833,000 (108.3 \$/kW)

またCOELBAにて計画されているPedra do Cavalloダム計画に混合式揚水発電を採用すれば、現在計画の発電コストを下げることに、余剰電力を利用することができるが、洪水調節のため、貯水池の水位低下が行なわれるので落差の有効利用ができないため比較的割高な揚水地点となる可能性がある。

Ⅷ-2 Fortaleza地域の揚水発電計画地点の特徴

FortalezaはSão Francisco河の電源地帯より650km離れており、この地方の電力をすべてSão Francisco河に求めることは、長距離送電の損失が大きく、また将来ピーク時の電力のためのために送電線を増強することとなるので、なんらかの方法を講じなければならぬ。そのため揚水発電によるのも一案でありFortaleza地域の南西

約 30km 地点に Eletrobras Dr. Ciarlini の提案する Pacatuba 地点がとりあげられるであろう。この地点は Pacatuba 西隣の Espirito Santo 山頂と町の用水池の間の落差約 550m を利用することができる高落差揚水発電所である。今発電所出力 50MW とし て 5 万分の 1 地形図により概略試算を行なえばつぎのとおりとなる。

上部貯水池

満水位 EL626.0m

利用水深 6.0m

有効貯水量 370,000m<sup>3</sup>

ダム 天端 EL630.0m, 高さ 20.0m, 堤頂長 170.0m, 型式 コンクリートダム  
堤体積 18,000m<sup>3</sup>

下部貯水池

満水位 EL80.0m

利用水深 7.0m

有効貯水量 370,000m<sup>3</sup>

ダム 天端 EL85.0m, 高さ 15.0m, 堤頂長 910.0m, 型式 アースダム  
堤体積 324,000m<sup>3</sup>

水圧鉄管路 延長 1690.0m, 内径 1.5m

最大使用水量 12m<sup>3</sup>/s

総落差 553.0 ~ 540.0m

最大出力 50,000kW

工事費 (US\$)

上部ダム 750,000 (15.0 \$/kW)

下部ダム 960,000 (19.2 \$/kW)

水圧鉄管路 1,700,000 (34.0 \$/kW)

発電所 667,000 (13.4 \$/kW)

機器 1,950,000 (39.0 \$/kW)

合計 6,027,000 (120.6 \$/kW)

しかしながら上記の計画には、次の問題点がある。

- (i) 揚水の水を得るに必要な自然河川がなく、自然の降水以外は下部貯水池近傍の水道より供給を受けなければならない。したがって蒸発や漏水による損失分は水道より補給しなければならない。
- (ii) 揚程 500.0m を超える可逆式ポンプ水車は未だ実用の段階ではなく、現在では水車とポンプを分離しなければならないのでコストはさらに高くなる。しかし近い将来には 500.0m 以上の高揚程可逆ポンプ水車が経済的に開発されるという仮定で工事費を算出した。
- (iii) ピーク電力の所要量を 50MW として算出したが、上下貯水池とも、有効単位貯水

量当りのダム建設費は割高となり、1kW当りの工事費のみについていえば、さらに大容量の発電所とした方が有利である。(Fig VIII-7 ~ Fig VIII-9)

一方、上記問題点が解決されれば、この地点はつぎの長所を持っている。

(I) 立地条件として

- この地点が Fortaleza よりわずか 30 km しか離れておらず、消費地に極めて近い。
- この地点が Paulo Afonso より Fortaleza に至る送電幹線下にあるため極めて容易に揚水用電力を得ることができ送電線の増強も消費地までの 30 km 分について行なえば充分である。

(II) 地形条件として

- 高落差であるから機器の費用が割安となる。
- 比較的短い水路で 500.0 m という高落差が得られる。

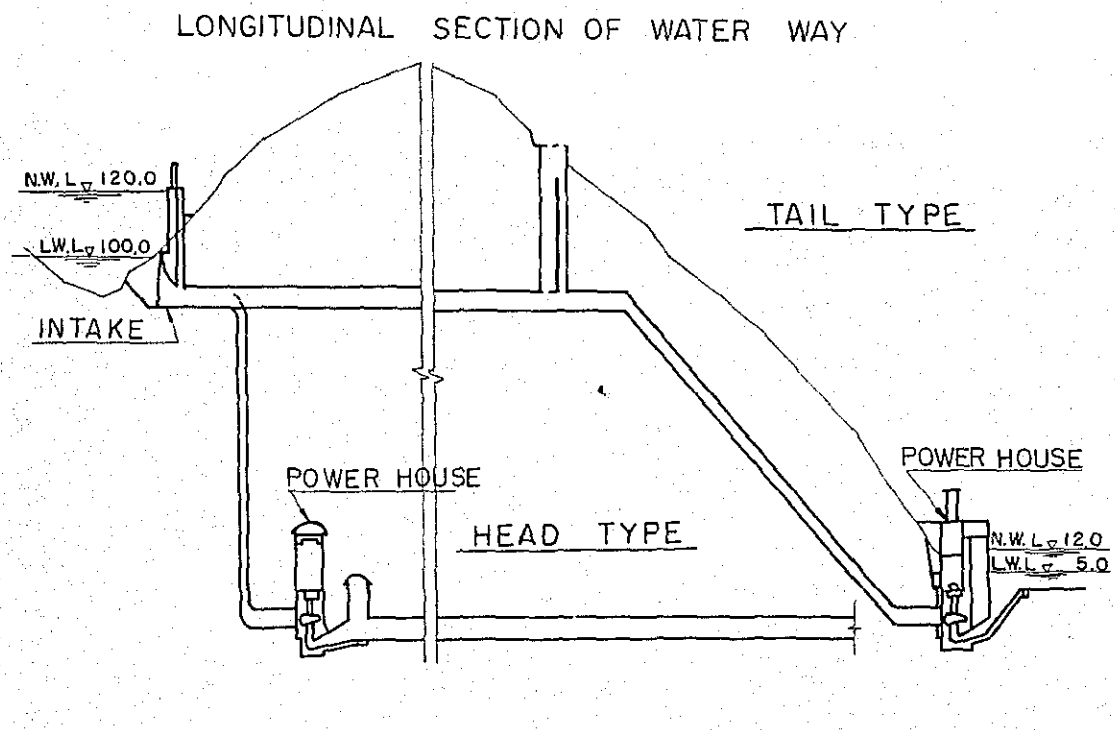
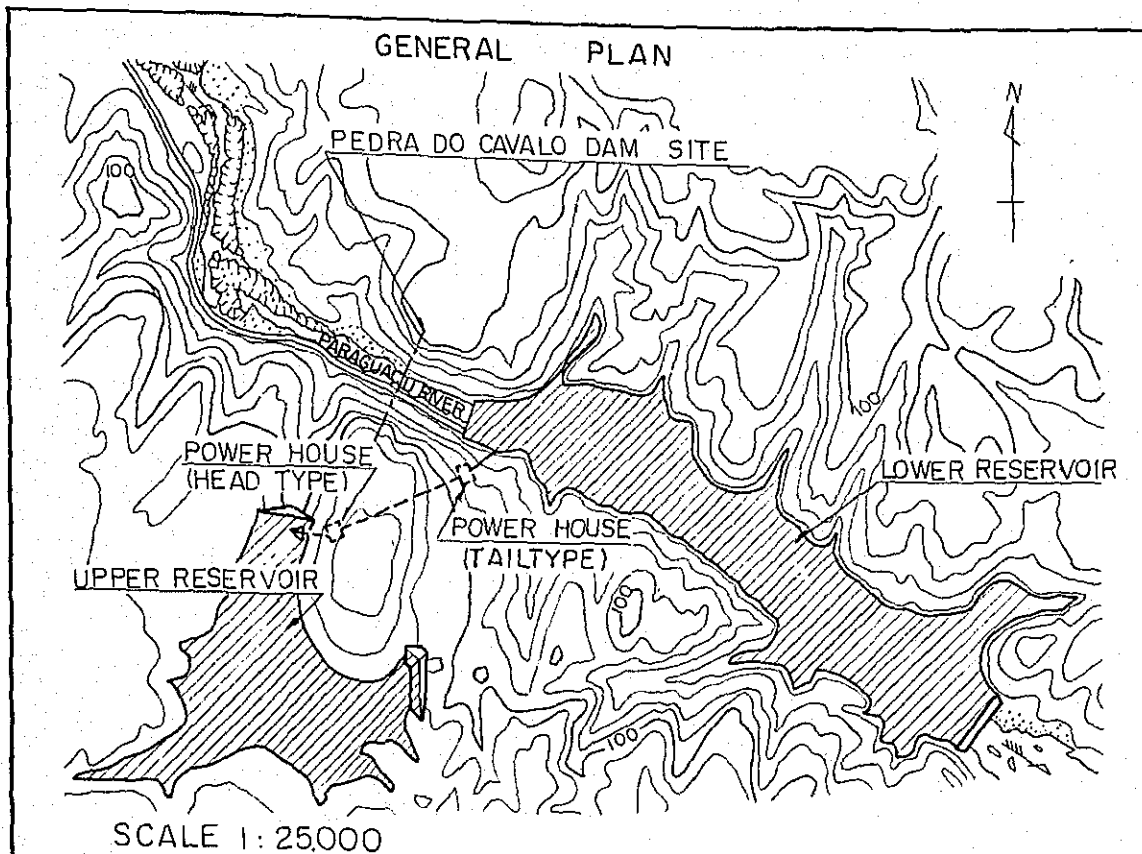
しかし、一方では貯水効率は必ずしもよい地点とはいえない。以上のような利害得失があるが将来の地点として取りあげる価値はあるものと考えられる。

前述のように、それぞれ、特定の地域には地形の特徴があり発電計画もこれに合致した型式を撰択しなければならない。そのためには、地形条件を把握することが肝要で航空写真による地形測量の一般化が急務である。さらに、50,000分の1地形図による地形の特性の把握、計画地点の図上撰択がまず必要なことであろう。

Nordeste ではまず 100 m ~ 150 m 落差の地点がほとんどとなるであろう。この場合、取水口 ~ 放水口の水平距離が長くなると、大水量設備のため水路工事費が支配的な要素となるので、この点留意が必要である。しかし一般的にダムは大規模なものを計画するほど貯水効率がよくなる地形条件に恵まれているので、貯水効率に依存することになるが大容量揚水発電所程 kW 当りのダム工事費は少なくなる。

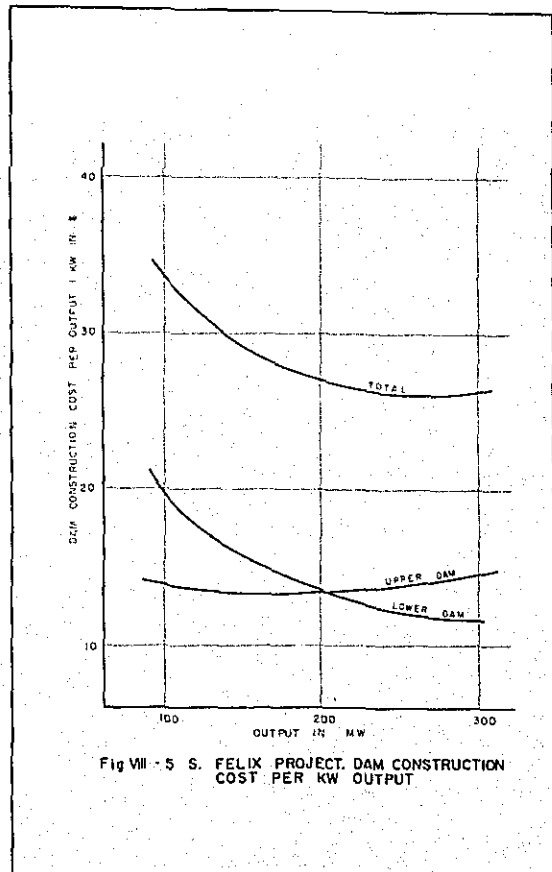
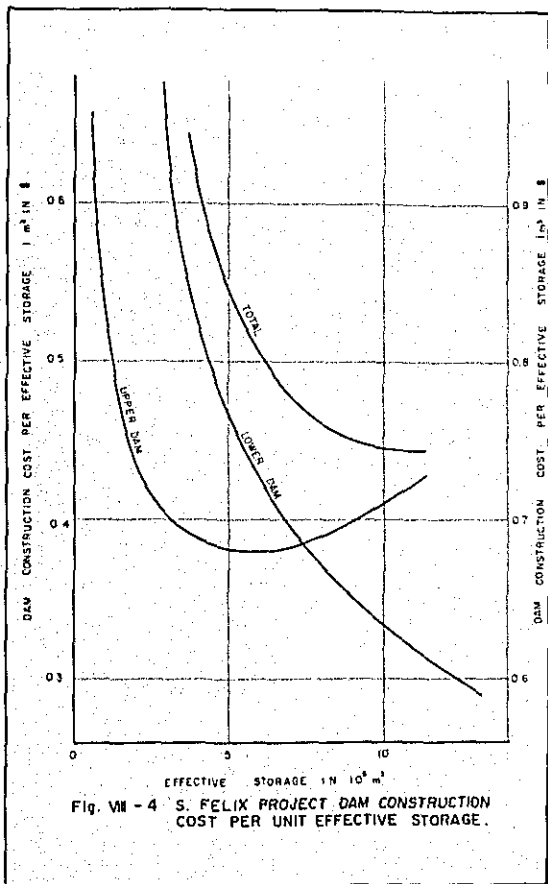
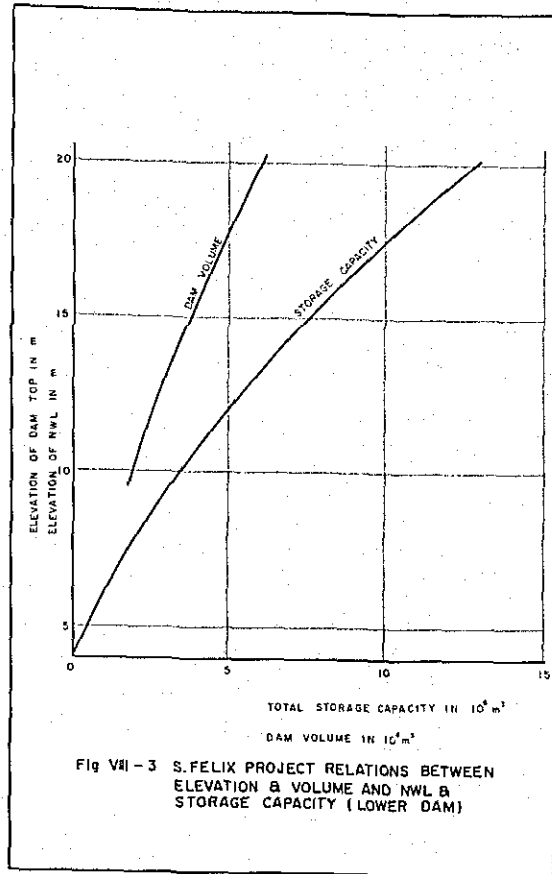
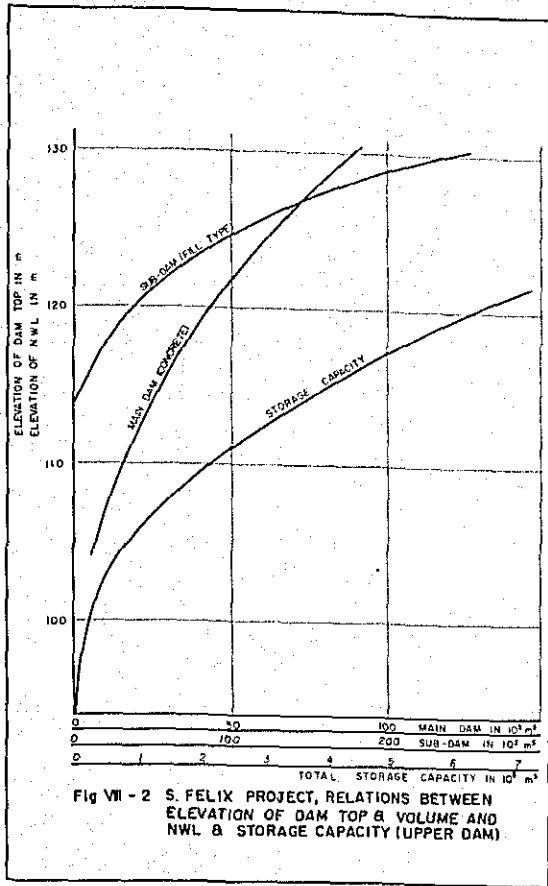
その他揚水地点は種々応用が出来るので、一例として Fortaleza のように、大容量の貯水池が得られない所でも、比較的短い水路で高落差の得られる地点を撰択すれば、少量の水で経済的な開発が充分行なえるものと考えられる。

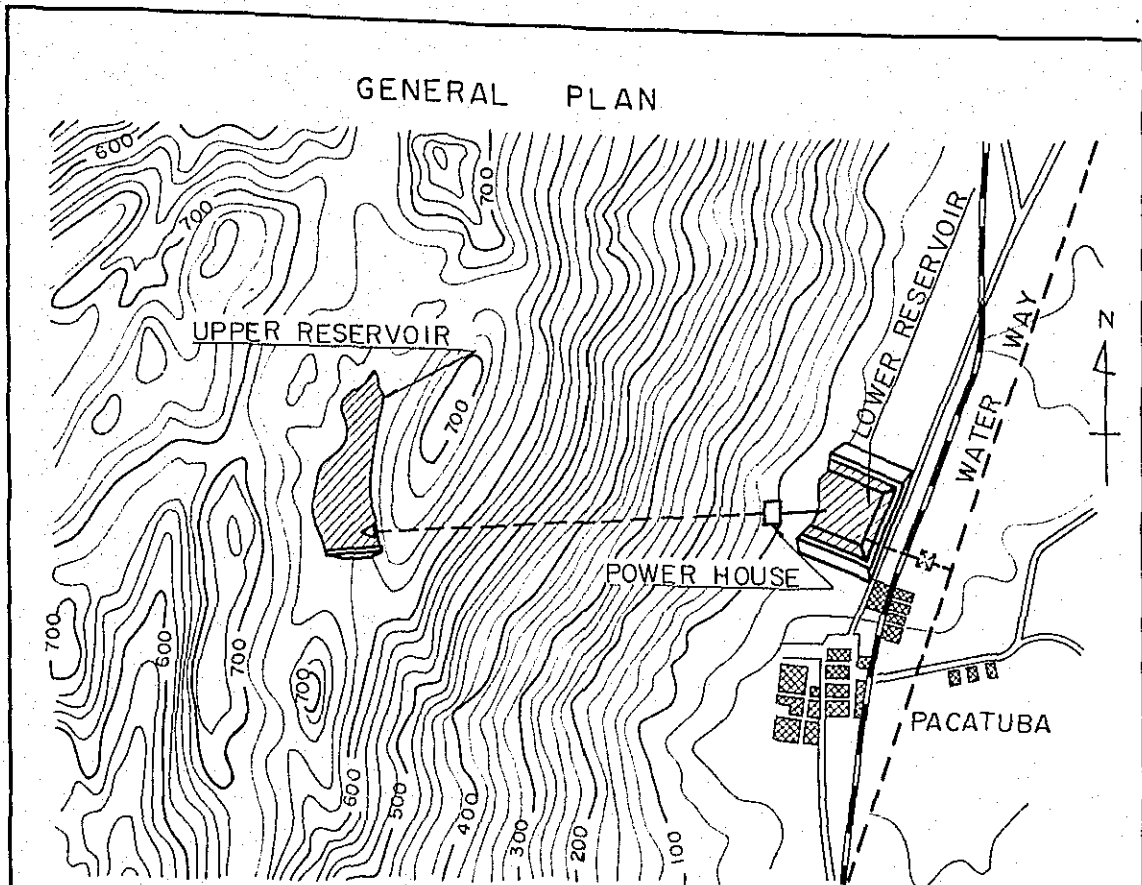




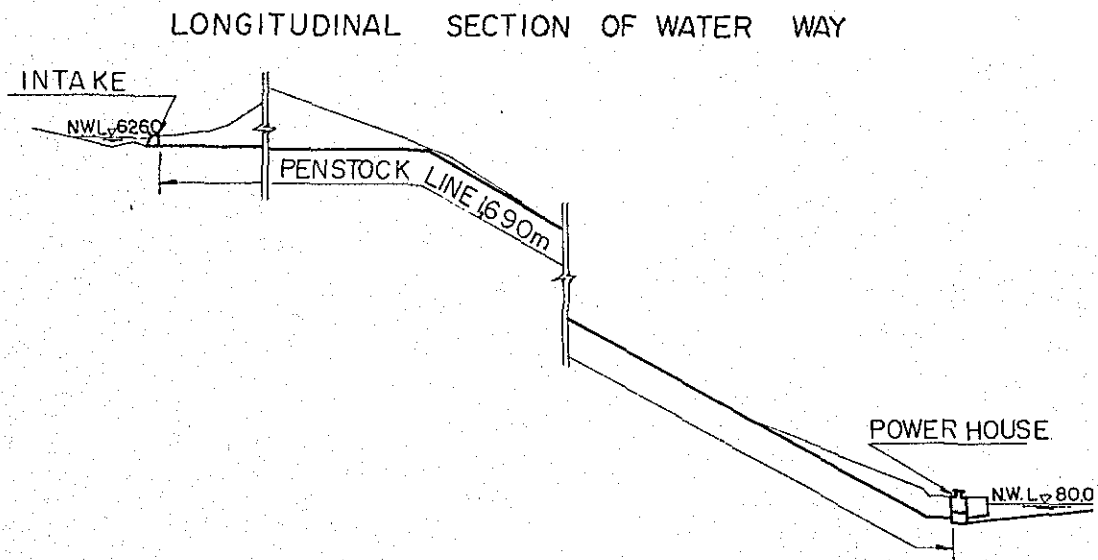
SCALE VERTICAL 1: 2000  
 HORIZONTAL 1: 5000

Fig VIII - 1  
 S. FELIX PROJECT  
 GENERAL PLAN  
 AND  
 LONGITUDINAL SECTION



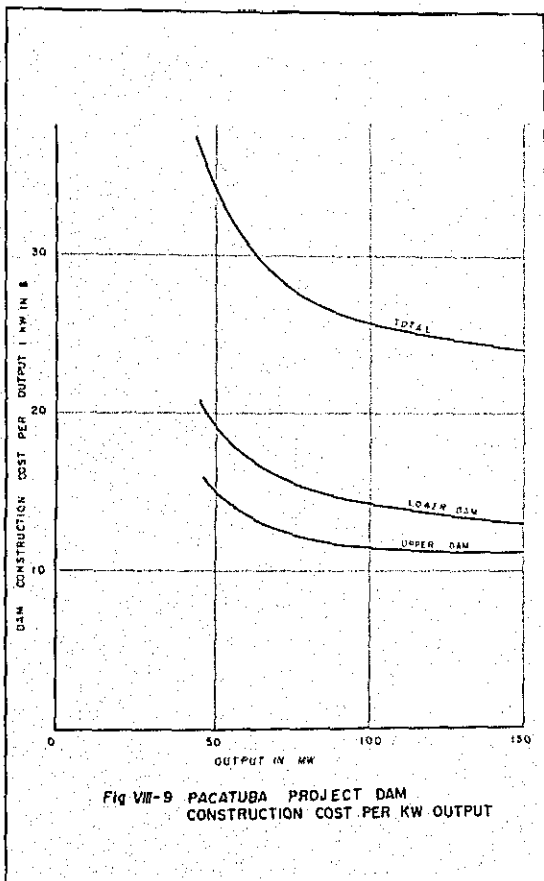
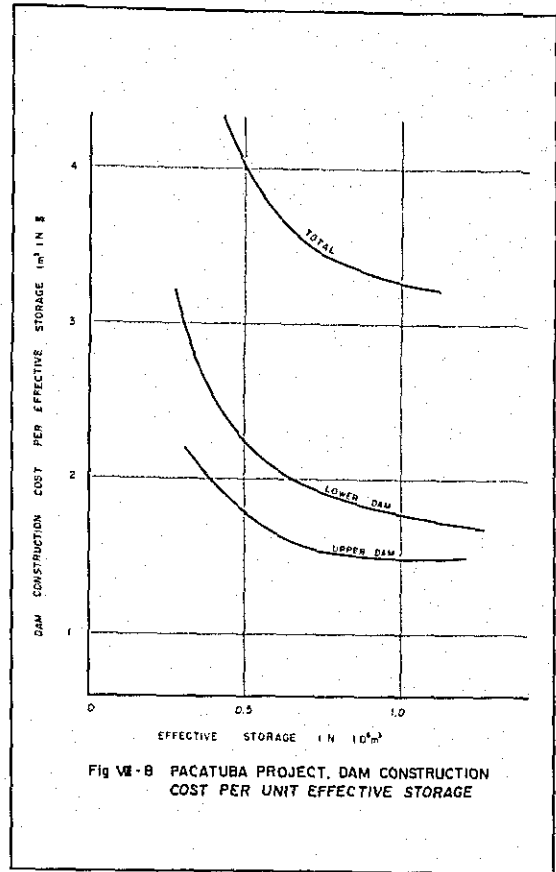
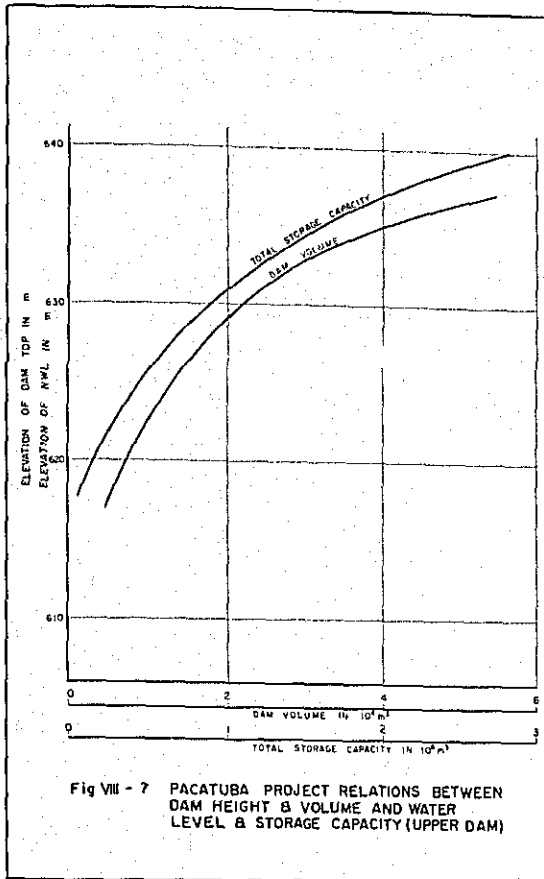


SCALE 1 : 25,000



SCALE 1 : 10,000

Fig VIII- 6  
PACATUBA PROJECT  
GENERAL PLAN  
AND  
LONGITUDINAL SECTION



# 参 考 文 献

## 参 考 文 献

1. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL  
IBGE-CONSELHO NACIONAL DE ESTATÍSTICA
2. GEOGRAFIA DO BRASIL volume V Série A  
IBGE-CONSELHO NACIONAL DE GEOGRAFIA
3. RECURSOS MINERAIS DO BRASIL  
IBGE-CONSELHO NACIONAL DE GEOGRAFIA
4. HIDROLOGIA E POSSIBILIDADES HIDRENERGÉTICAS DA BACIA  
DO RIO DE CONTAS, NA BAHIA  
HENRY MAKSOUH
5. São Francisco 河の河川流量の検討  
G.V.S.F.
6. 小冊子 COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO  
CHESF
7. 小冊子 O SISTEMA DE PAULO AFONSO DE 1955 ~ 1961  
CHESF
8. 小冊子 EXPOSIÇÃO JUSTIFICATIVA DO PEDIDO DE EMPRESTIMO AO  
BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO NO VALOR DE  
US\$ 35.000.000.-

