

巴西 PICO 礦場鐵礦業務之礦石儲量審核

為 *Minerações Brasileiras Reunidas (MBR)* 編製

2006 年 1 月 3 日

34350





**pincock
allen &
holt**

採礦及財務解決方案顧問

165 South Union Boulevard, Suite 950
Lakewood, Colorado 80228-2226
303-986-6950
傳真 303-987-8907

www.pincock.com

巴西PICO 礦場鐵礦業務之礦石儲量審核

為 *Minerações Brasileiras Reunidas (MBR)* 編製

2006 年1 月3 日

34350

編製公司

Pincock, Allen & Holt

Darrel L. Buffington, P.E.

Ronald O. Harma

Leonel Lopez, C.P.G.

Donald B. Tschabrun

目錄		頁次
1.0	概要	1.1
2.0	引言	2.1
	2.1 <i>Disclaimer (translator: this section doesnot appears in the context, pls confirm)</i>	2.1
	2.2 單位及縮寫語	2.5
3.0	地質	3.1
	3.1 區域地質	3.1
	3.2 <i>Deposit Geology (translator: this section doesnot appears in the context, pls confirm)</i>	3.5
	3.2.1 Sapecado (Sapecado South, Sapecado, Pico) Deposit Geology (translator: this section doesnot appears in the context, pls confirm)	3.5
	3.2.2 Galinheiro (Pico、Galinheiro)礦床地質	3.6
	3.3 結構地質	3.6
	3.4 礦化作用	3.6
	3.5 <i>Exploration (translator: this section doesnot appears in the context, pls confirm)</i>	3.16
	3.5.1 <i>Drilling (translator: this section doesnot appears in the context, pls confirm)</i>	3.16
	3.5.2 採樣	3.17
	3.5.3 <i>Logging (translator: this section doesnot appears in the context, pls confirm)</i>	3.18
	3.6 <i>Sample Analysis (translator: this section doesnot appears in the context, pls confirm)</i>	3.18
	3.7 樣本 QA/QC 流程	3.21
	3.8 密度測定	3.31
	3.9 礦產資源評估	3.33
	3.9.1 簡介	3.33
	3.9.2 地質模型建立和方法	3.34
	3.9.3 品位模型建立	3.36
	3.9.4 地質統計學分析	3.37
	3.9.5 資源置信度分級	3.39
	3.9.6 模型驗證與校正	3.39
	3.9.7 礦產資源量	3.40
4.0	開採	4.1
	4.1 概述	4.1
	4.2 採場優化設計	4.1
	4.3 礦石儲量	4.3
	4.4 岩土工程坑，垃圾場和尾礦	4.3

目錄 (續)		頁次
	4.5 礦山規劃	4.7
	4.6 礦山調度	4.7
	4.7 採礦工程	4.7
5.0	選礦	5.1
	5.1 選礦歷史與現狀	5.1
	5.2 建議工藝流程	5.1
	5.2.1 選礦	5.2
	5.2.2 球團燒結	5.5
	5.3 建議設施	5.7
	5.4 選廠建設 - 成本，進度和啓動	5.9
	5.5 配套設施	5.10
	5.6 Tailings Disposal	5.11
	5.7 Recommendations	5.12
6.0	INFRASTRUCTURE	6.1
7.0	ENVIRONMENTAL, HEALTH AND SAFETY	7.1
	7.1 Introduction	7.1
	7.2 Legal and Permitting	7.1
	7.2.1 Mining Regulatory Structure	7.1
	7.2.2 環境許可證	7.3
	7.2.3 土地，礦產和水權益	7.4
	7.3 Health, Safety and Environmental Management System	7.7
	7.3.1 Policy and Structure	7.7
	7.3.2 管理計劃	7.8
	7.4 監測和遵守情況	7.9
8.0	市場分析	8.1
	8.1 簡介	8.1
	8.2 預計需求和供應	8.1
	8.3 經濟評估	8.3

目錄	頁次
表	
3-1 Pico 礦場鐵礦物之簡表	3.11
3-2 截至 2005 年 5 月 18 日的鑽探工作總結	3.17
3-3 Geologic Coding and Logging Reference Tables	3.19
3-4 全局數據和計算分析結果比較研究	3.22
3-5 赤鐵礦全局數據和計算分析結果比較研究統計	3.23
3-6 鐵英岩全局數據和計算分析結果比較研究統計	3.25
3-7 副樣採樣岩性分佈範圍	3.27
3-8 副樣數據統計摘要	3.27
3-9 實驗室間檢驗數據統計摘要	3.29
3-10 鐵英岩礦石和廢石的平均密度	3.32
3-11 赤鐵礦密度	3.32
3-12 赤鐵礦的水分範圍和平均水分	3.33
3-13 礦產資源量	3.40
4-1 礦石儲量報表	4.6
5-1 球團燒結試驗 結果匯總	5.5
5-2 資本投資 (千美元)	5.9
7-1 Summary of Land and Mining Rights	7.6
8-1 經濟性摘要	8.4
圖	
2-1 MBR 礦場位置圖	2.2
2-2 MBR 採礦廠位置圖	2.3
3-1 PICO 礦場的普通地質學	3.2
3-2 鐵四角的地層柱狀圖	3.3
3-3 區域地質及位置圖	3.4
3-4 Pico 礦場地質地圖	3.7
3-5 Pico 礦床地質截面	3.8
3-6 Galinheiro 礦床地質截面	3.9
3-7 顯示鐵英岩礦化褶皺的照片	3.10
3-8 Pico 礦場的 Pico 紀念區顯示此處有大塊赤鐵礦露出	3.13
3-9 Abóboras 鐵英岩岩心顯示出褶皺和淋濾	3.14
3-10 GALINHEIRO 礦床東面斜坡上的鐵角礫岩蓋層	3.15
3-11 鑽孔樣本準備流程圖	3.20
3-12 Fitted Line Plot for Hermatite - Fe Results	3.24
3-13 Fitted Line Plot for Itabirite - Fe Results	3.26
3-14 Fitted Line Plot of Duplicate Sampling-Fe Results	3.28
3-15 Fitted Line Plot - Actlabs vs MBR Results	3.30
3-16 Sapecado 與 Galinheiro 電腦模型限制	3.35

目錄 (續)

頁次

4-1	Aerial View of Existing Mine Operations at the Pico Complex	4.2
4-2	Galinheiro 與 Sepacado 最終坑	4.4
4-3	Existing Pico Mine	4.5
5-1	程序測試階段	5.3
5-2	Proposed Flowsheet	5.4
5-3	Pellet Plant Flowsheet	5.6
5-4	設施位置	5.8
7-1	Pico 礦區物業地圖	7.5
8-1	赤鐵礦儲藏消耗	8.2

1.0 概要

Minerações Brasileiras Reunidas (MBR) 委任 Pincock, Allen & Holt (PAH) (Runge, Inc. 的分公司) 審查和審核 Pico 礦場鐵礦業務的礦石儲量。儘管 PAH 曾於 2005 年 3 月審核 Pico 礦場的赤鐵礦儲量，但本次審核主要是針對相關低品位鐵英岩資源。

鑒於未來數年，赤鐵礦儲量將開始減少，MBR 意識到有需要評估及開始開發低品位鐵英岩礦料，以維持其作為優質產品之主要鐵礦石生產商之地位。MBR 啟動評估流程，以研究並確定採礦及加工鐵英岩礦的最佳替代方案。透過廣泛評估流程，MBR 確定的最佳替代方案是運營一個新選礦廠，專門用於加工鐵英岩。此外，MBR 亦決定於 Vergem Grande 地區開發運營一個新鐵礦球團廠，同時繼續生產高品位赤鐵礦。

MBR 是 Caemi 的主要鐵運營商，該公司最近被 CVRD 成功收購（2003 年 9 月購得剩餘股權）。MBR 是巴西第二大鐵礦石生產商和出口商。早自 20 世紀 60 年代起，MBR 便已涉足鐵礦石行業，至今已具備四十年的持續採礦和選礦經驗。

MBR 的設施位於巴西 Minas Gerias 州的鐵四角。供出口的鐵礦石產品由 MRS Logistica 鐵路公司經鐵路運輸到位於里約熱內盧的瓜地馬拉海運綜合碼頭。CVRD 和 MBR 均持有 MRS Logistica 鐵路公司的少數股東權益。

審核包括詳細審查地質、資源／儲量評估程序、採礦規劃、冶金測試工作、選礦方法及設施、基礎設施、環境事宜、資金及營運成本及預算。PAH 並無就該項目編製獨立經濟分析，但已審查 MBR 及其聯屬分包商確定並輸入至現金流量模型的所有成本及輸入參數。PAH 已審查 MBR 模型之技術輸入及模型結構，以確認符合項目開發計劃。

審核從 2005 年 11 月 7 日實地考察開始，隨後是實地數據審查，一直持續至 2005 年 11 月 18 日。PAH 項目小組包括項目經理／採礦工程師／地質統計學家、地質學家、選礦工程師，及環境／岩土工程師。MBR 允許 PAH 自由接觸預期項目各個階段的高級項目人員，以及參觀所有研究、運營設施。准許接觸項目人員及參觀設施，使得 PAH 審查項目更為便利，讓 PAH 能實地觀察 MBR 的營運能力。

Pico 礦場乃由位於 Caue 構造大約 12 千米的延伸帶處 Pico, Sapecado South, Sapecado 及 Galinheiro 的鐵礦床組成。Caue 構造則由前寒武紀巴西地盾上 Sao Francisco 克拉通內 Quadrilatero Ferrifero (鐵四邊形地區) 的豐富超大型礦床組成。資源及儲量評估乃基於 2005 年 5 月 18 日的勘探鑽探結果, 此勘探結果包含總鑽探深度為 88,500 米的 668 個鑽孔。

Pico 礦場礦床乃由氧化鐵礦物之經濟礦化物組成, 而在 Caue 鐵礦構造內, 礦化物主要以赤鐵礦、鐵英岩、中等次級礦物的形式出現。赤鐵礦的基體組成主要是礦床某些區域內帶鏡鐵礦和磁鐵礦殘留岩體的假象赤鐵礦及赤鐵礦。鐵英岩是一種由多層粒狀石英及赤鐵礦組成的變沉積礦物。此等礦石類型之分類乃倚賴於其物理及化學特性。

為加速地質建模及數據處理, MBR 將 Pico 礦場分化為 Sapecado 礦床 (包含 Sapecado South, Sapecado 和 Pico 的多數區域) 以及 Galinheiro 礦床 (包含 Galinheiro 和 Pico 部分地區)。Sapecado 北部邊界及 Galinheiro 之劃分乃由鎂鐵質岩變質堤界定。Pico 紀念碑亦將 Sapecado 礦區和 Galinheiro/Sapecado 礦區區分開來並獲宣佈為國家紀念碑。因此在後續採礦之時須對其進行保護。

鑽探乃採取符合標準的勘探實務且已蒐集的樣本能夠充分地代表礦化水平。地質解釋乃屬適當且 MBR 的地質團隊對當地和地區地質控制了解透徹。

分析實驗室組織有序, 運作得體。樣本準備遵循常規實務。分析工作乃屬專業且得出準確的分析結論。實驗室對樣本準備及分析程序 (包括內部 QA/QC 程序) 實施歸檔程序。

樣本數據品質甚高, 可為分塊建模所充分倚賴。地質建模程序已歸檔適當且解釋地質之分塊建模乃屬適當。

地理統計方法、數據分析、組合、區域界定及估算參數均屬於可接受範圍且經過 PAH 驗證。品位預測合理, 資源分類可以接受。

PAH 對預期的採礦方法表示認同並認為採礦計劃及設計可為接受。採礦設備及車隊規模均屬適當, 對作業而言規模也屬合理。當前採礦作業運作高效, 各通道維護良好。

已對每次使用之滑坡穩固度參數進行研究。已對可能影響採礦設計的地質技術及水文方面的考慮進行適當評估且將繼續。

規劃選礦廠及球團廠將採用已獲充分理解且成文之成熟技術。目前處理設施乃按設計運行，成本合理。生產資料證據充分且井然有序。

PAH 相信，Pico 礦場環境許可研究的備製已達到適當國家及國際標準，且內容完整全面。許可流程之進行整齊有序，球團廠的審批應會在 2006 年年初獲得。礦區擴充及選礦廠較為複雜，所耗時間更多。如 Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) 的 Torres 先生所述，PAH 認為 MBR 極有可能最終獲得 Pico 礦場營運之審批；但最終時間表尚存疑問。Minas Geras 採礦活動水平導致 FEAM 資源緊張，致使項目審批延遲。因此，PAH 認為該項目許可可能到 2006 年 5 月至 6 月期間才會完成，但預期不會使項目延誤過久。

基於 PAH 對 MBR 所提供營運及文件之審查，PAH 認為根據美國證券交易委員會 Industry Guide 7 指引，上述 6.354 億噸品位為 54.1%Fe 的礦石儲量滿足所有技術、法律及盈利要求。

2.0 緒言

Minerações Brasileiras Reunidas (MBR)委任PAH (Runge,Inc.的分公司) 審查和審核Pico礦場鐵礦業務的礦石儲量。儘管PAH曾於2005年3月審核Pico礦場的赤鐵礦儲量，但本次審核主要是針對相關低品位鐵英岩儲量。

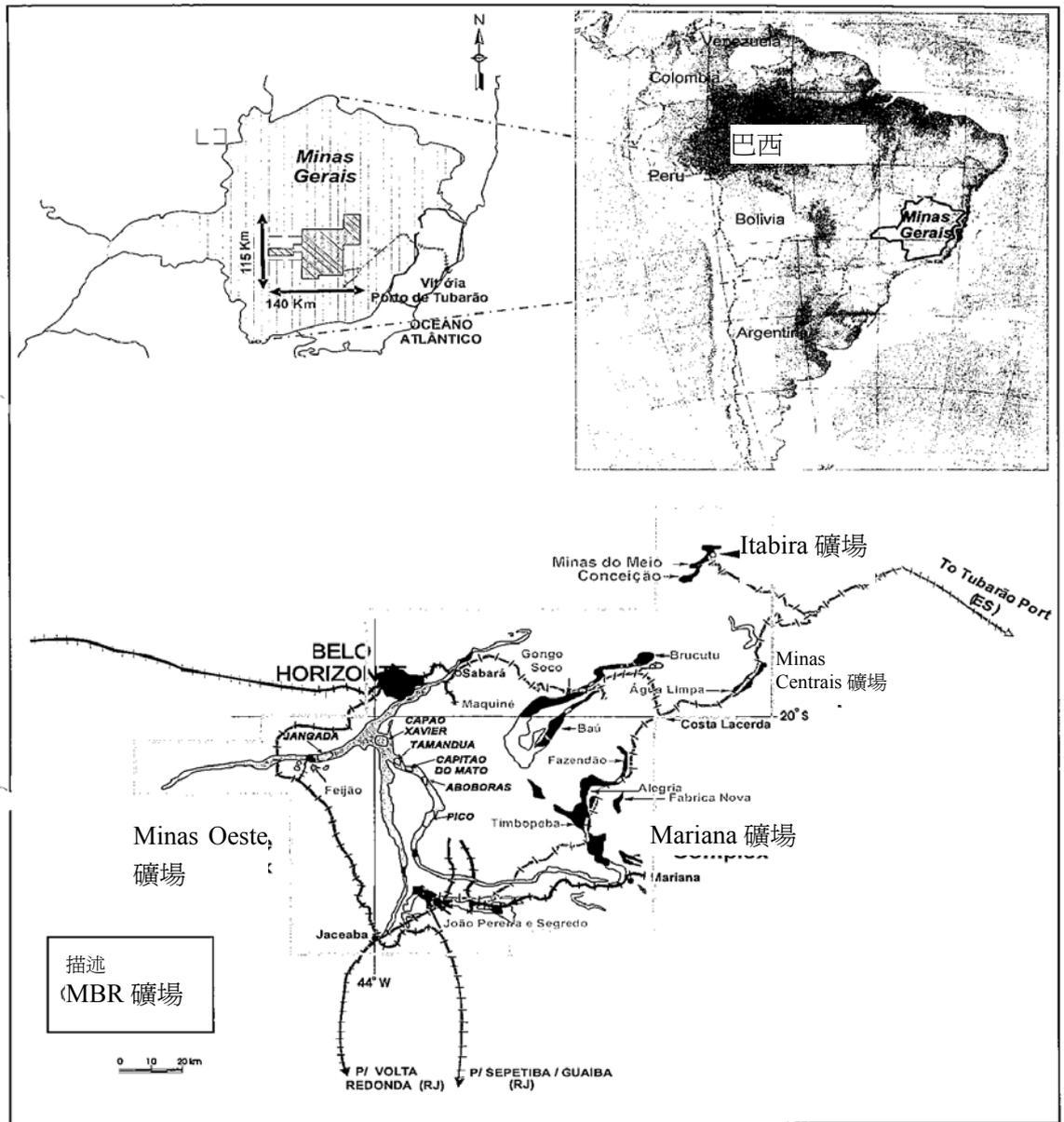
MBR是Caemi的主要鐵運營商，該公司最近被CVRD成功收購（2003年9月購得剩餘股權）。CVRD持有Caemi的60%的股份，而Caemi則持有MBR的85%的股份。另外，CVRD直接持有MBR 5%的股份。這就使得CVRD合共持有MBR約56%的股份。MBR是巴西的第二大鐵礦石生產商和出口商。MBR自20世紀60年代初開始涉足鐵礦石行業，該公司具備四十年的持續採礦和加工業務經驗。

MBR的設施位於Minas Gerais州的鐵四角。圖2-1指明了MBR鐵礦設施在巴西的位置。供出口的鐵礦石產品由MRS Logistica鐵路公司經鐵路運輸到位於里約熱內盧州的Guaíba海運綜合碼頭。CVRD和MBR均持有MRS Logistica鐵路公司的少數權益。少量的鐵產品透過Sepetiba港口運輸。該港口也位於里約熱內盧州 — Guaíba碼頭東部。

MBR的業務覆蓋3個主要礦場，如下表所示；其中包括8處礦場（Sapocado South目前停產）和10個加工廠。在CVRD總鐵礦石產品產量中，MBR約佔25%。圖2-2說明Belo Horizonte市每一礦場的相關礦藏和採礦廠的位置。

Pico礦場	Tamanduá礦場	Paraopeba礦場
Pico (PIC) Sapocado (SAP) Galinheiro (GAL) Sapocado South	Tamanduá (TAM) Capitão do Mato (CMT) Abóboras (ABO)	Capão Xavier (CPX) Jangada (JGD)

該地區的特點是其由地勢陡峭的地形構成。地貌起伏範圍為 600 米到 1500 米（沿著陡峭的山峰）。年平均氣溫為 21 攝氏度，6 月份到 8 月份的低溫為 8 攝氏度，而 1 月份到 2 月份的高溫為 24 攝氏度。年平均降水量大約為 1500 毫米。降雨一般產生於 10 月份到來年 3 月份的雨季。



描述
(MBR 礦場)

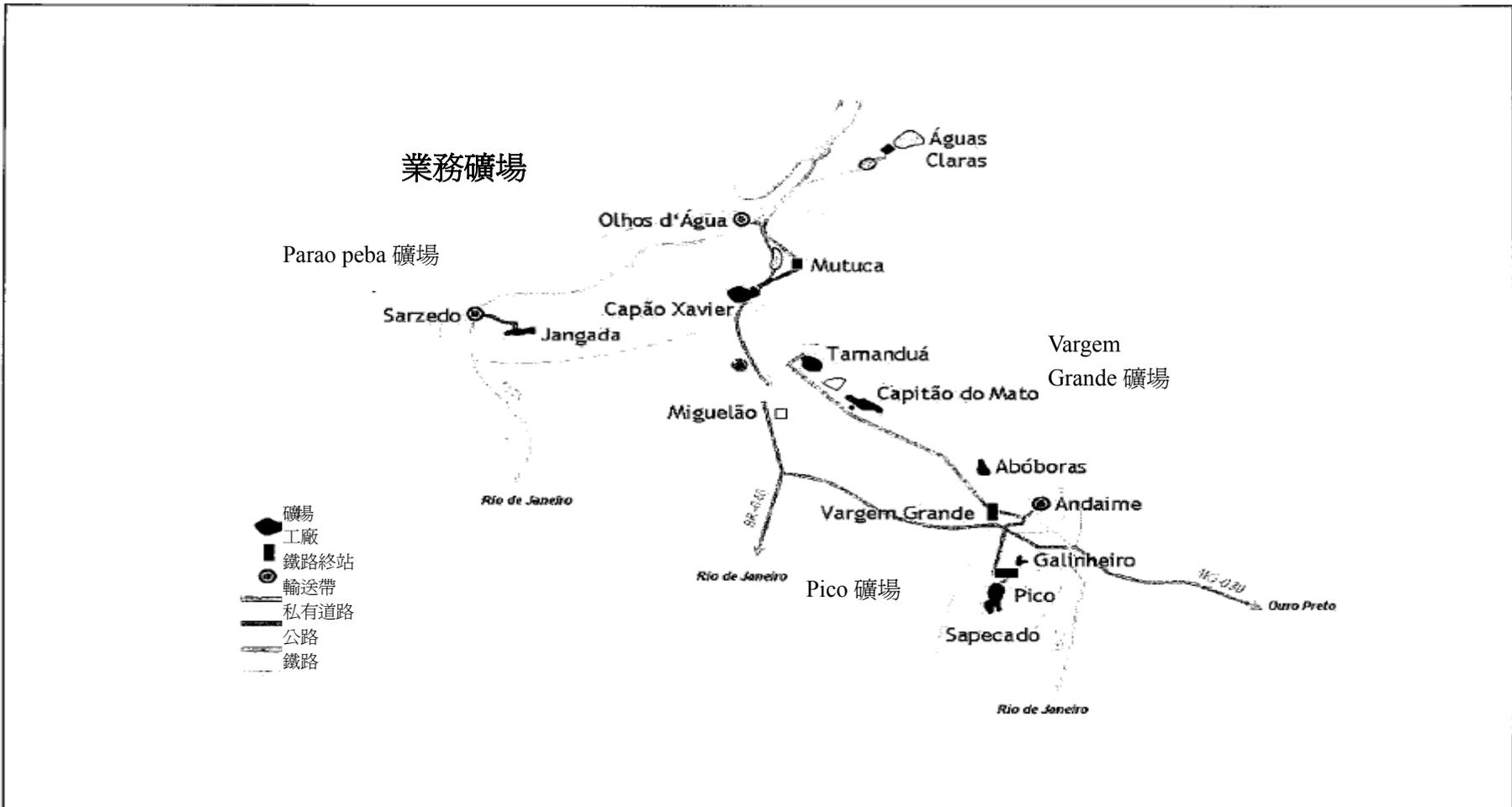
Prepared 由 Pincock, Allen & Holt 製備
地址: 165 S. Union Boulevard, Suite 950
Lakewood, Colorado 80228
電話號碼: (303) 986-6950

圖紙提供/圖紙製作
項目名稱:
Pico 礦場儲量審核

圖 2-1
MBR 礦場位置圖

發佈日期
2005 年 12 月
圖片名稱
圖 2-1.cdr.

項目編號: -----



由 Pincock, Allen & Holt 製備
 地址：165 S. Union Boulevard, Suite 950
 Lakewood, Colorado 80228
 電話號碼：(303) 986-6950

圖紙提供／圖紙製作
Minerações Brasileiras Reunidas

項目名稱：
 Pico 礦場儲量審核

圖 2-2
MBR 採礦廠位置圖

發佈日期
 2005 年 12 月
 圖片名稱
 圖 2-2.cdr.

項目編號：
34350

2.2 單位及縮寫語

PAH 的所有測量及單位均使用公制，並在列舉英文和標準公制的同時確定其中的特例。除非另作說明，貨幣恆定為 2005 年美元。以下為本報告中使用的單位及縮略語：

<u>縮略語</u>	<u>單位或術語</u>
AA	原子吸附
G	克
K	千
kg	千克
km	千米
LOI	燒失量
M	百萬
mm	毫米
m	米
m ³	立方米
NPV	淨現值
oz	盎司
ROM	原礦
Tort	公噸 (1,000 千克或 2,204.6 磅)
Tpr 或 Tpy	噸每年 (年)
tpd	噸每日
\$	美元
R\$	巴西雷亞爾
W	粒度大小比例
XRF	X 射線熒光
%	重量百分比

常見化學符號

鋁	Al
鈣	Ca
氯	Cl
鈷	Co
銅	Cu
金	Au
鐵	Fe
鉛	Pb
鎂	Mg
錳	Mn
鉬	Mo
鎳	Ni
氧	O ₂

磷
鉀
銀
硫
鈦

P
K
Ag
S
Ti

3.0 地質

Pico 礦場包括位於 Sapecado 南部的鐵礦床 Pico ;Sapecado 和 Galinheiro 位於 Caue 建造形成的約 12 千米的延長帶上，如圖 3-1 的廣義地質圖所示。該 Caue 建造由一個蘇必利爾湖類型的古元宙條帶狀鐵建造構成，並包括變質沉積米納斯建造超群。該 Caue 建造由位於前寒武紀巴西地盾 Sao Francisco Craton 中 Quadrilátero Ferrífero（鐵四角）地區富饒的超大型礦床構成。圖 3-2 所示的是 Quadrilátero Ferrífero 的地層柱。

對 Pico 礦場的勘探始於 20 世紀 40 年代，即在巴西建立冶金公園，以及在 Minas Gerais 州 Itabirito 市建立 Companhia Siderurgica Nacional(CSN)和 Siderurgica Queiroz Junior 之後不久。20 世紀 90 年代中期，Pico 業務已經由 MBR 擴張到年產原礦礦石 12Mtpy。

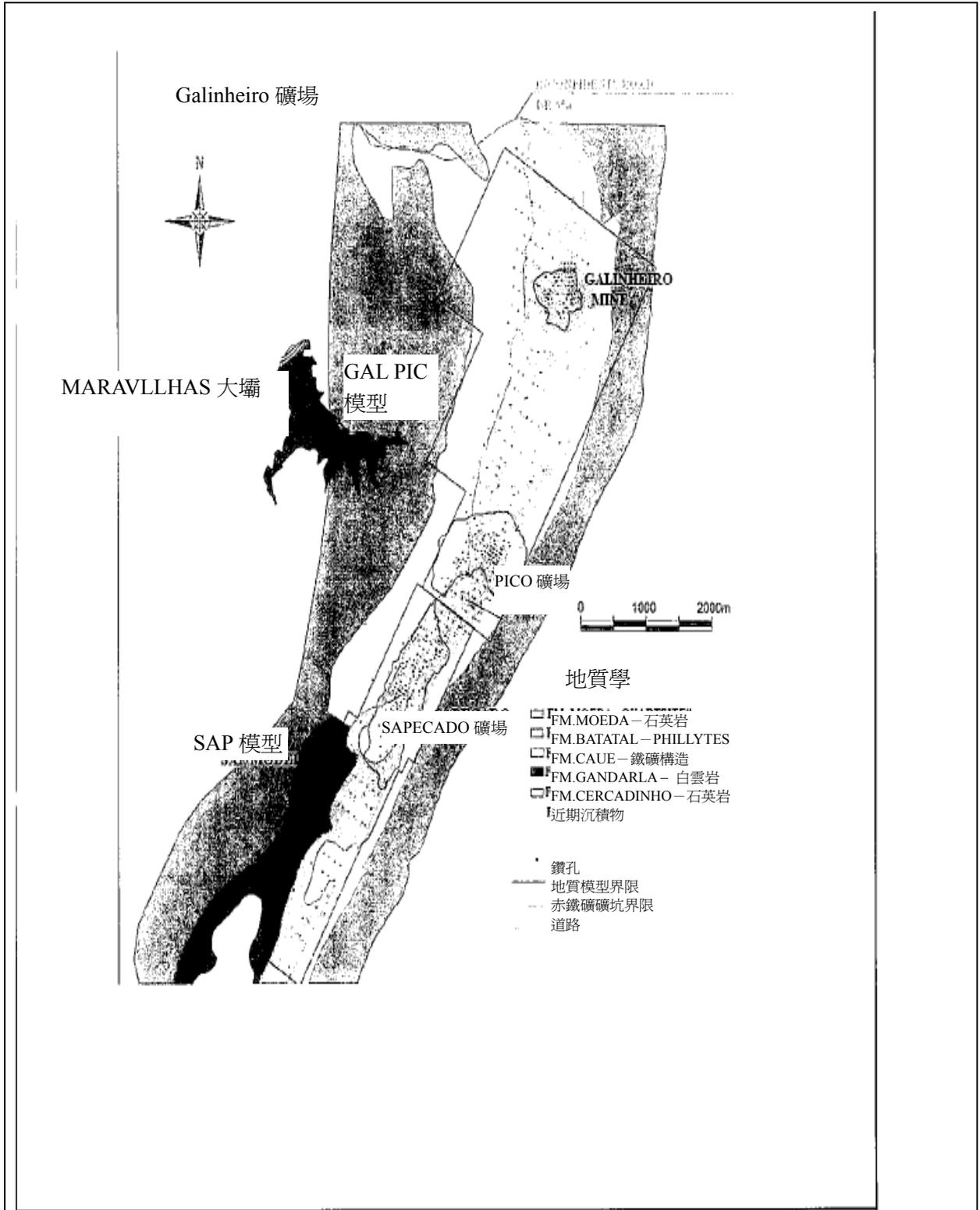
MBR 過去的生產是以開採和加工赤鐵礦礦石為基礎。隨著 Pico 礦場區域內的資源日益減少，這形成了一種挑戰。自 2002 年以來 Pico 礦場區域便開始積極進行勘探，以確定資源類型以及開發鐵英岩儲量。該資源和儲備的評估是基於 2005 年 5 月 18 日的勘探結果。加工研究和資源開發上的積極成果促使 MBR 於 2005 年 6 月批准 Itabiritos 項目，其中包括勘探和開發 Sapecado 和 Galinheiro 的鐵英岩礦床，以處理和供應團礦廠，該礦廠將在 Vargem Grande 地區建成和投產。

PAH 對這些物業的審查和評估以 MBR 所提供的資料為基礎，這些資料包括 MBR 的內部報告和先前在 2005 年 3 月由 PAH 所作的評估。這些數據有來自 MBR 人員的介紹和口頭資料作為補充。

3.1 區域地質

Pico 礦場位於 Caue 建造內 Moeda Syncline 東部中央拐點附近，在沿 syncline 西北部距離 Tamandua 及 Capao Xavier 礦床大約 17 千米及 25 千米的地方，如圖 3-3 所示。東翼繼續往西南延伸 30 千米，再折向東延伸差不多的距離。在其繼續向 Ouro Preto 市延伸（另一個 35 千米）的過程中在這個區域被部份阻斷。

米納斯建造超群（24 億年至 21.2 億年）不平整的位於 Rio Das Velhas 超群上，被上元古代（17.5 億年）的 Itacolomi 群組覆蓋。這些建造都在 Floralia 建造的第三紀岩石的覆蓋之下。



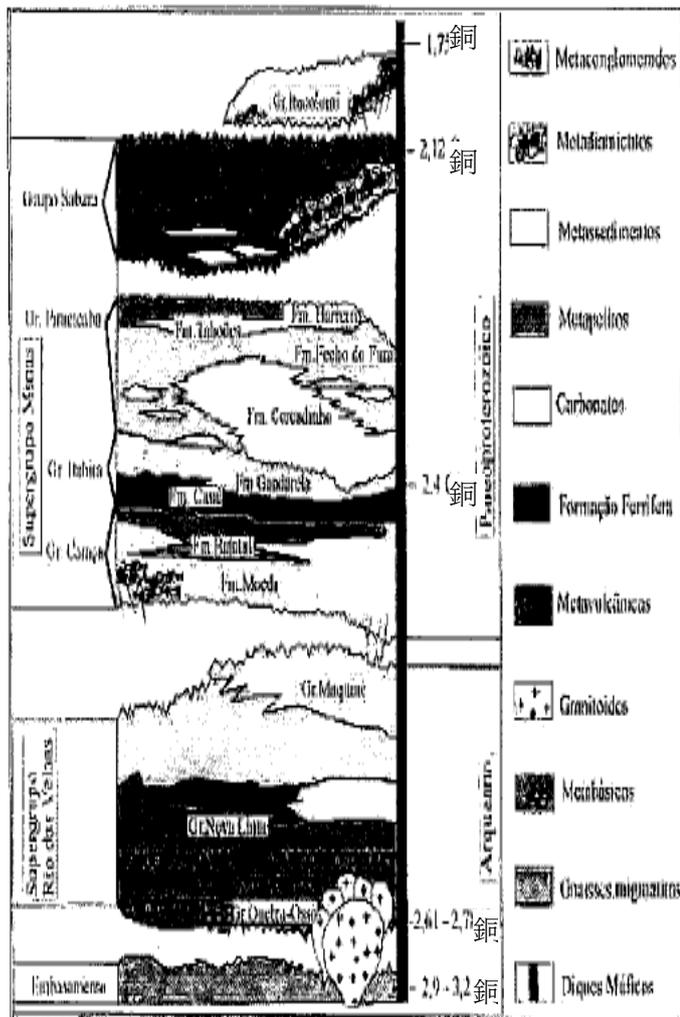
由 Pincock, Allen & Holt 製備
 地址：165 S. Union Boulevard, Suite
 1950
 Lakewood, Colorado 80228
 電話號碼：(303) 986-6950

圖紙提供/圖紙製作
Minerações Brasileiras Reunidas
 項目名稱：
 Pico 礦場儲量審核

項目編號：
34350

圖 3-1
PICO 礦場的普通地質學

發佈日期
 2005 年 12 月
 圖片名稱
 圖 3-1.cdr.



Prepared by
 by Pincock, Allen & Holt 製備
 地址: 165 S. Union Boulevard, 950
 Suite 950
 Lakewood, Colorado 80228
 電話號碼: (303) 986-6950

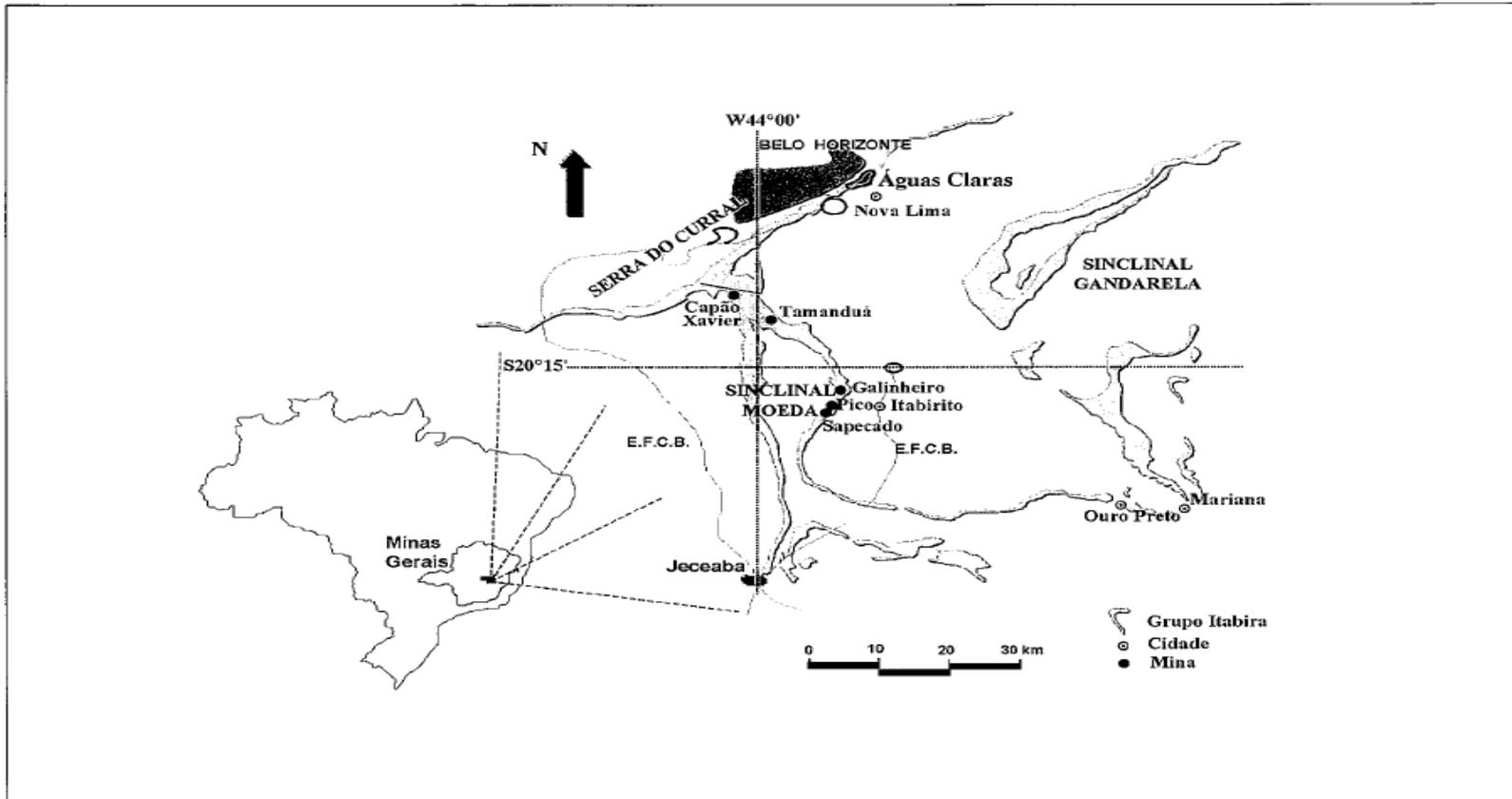
圖紙提供/圖紙製作
Minerações Brasileiras Reunidas
 項目名稱:
 Pico 礦場儲量審核

發佈日期
 2005年12月

圖 3-2
鐵四角的地層柱狀圖

圖片名稱
 圖 3-2.cdr

項目編號: **34350**



由 Pincock, Allen & Holt 製備
 地址：165 S. Union Boulevard, Suite
 950
 Lakewood, Colorado 80228
 電話號碼：(303) 986-6950
 項目編號：34350

圖紙提供 / 圖紙製作
Minerações Brasileiras Reunidas
 項目名稱：
 Pico 礦場儲量審核

圖 3-3
區域地質及位置圖

發佈日期
 2005 年 12 月
 圖片名稱
 圖 3-3.cdr.

風化鐵英岩，經過浸取、氧化及淺成過程，部份達到 400 米以上的深度。在 Sapecado 南部地區的蝕變帶存在假像赤鐵礦(kenomagnetite)。

硬質鐵英岩在目前的採礦及加工條件下屬於不經濟的礦化，預計硬質鐵英岩一直延伸到 Cauê 建造底部約 700 米處。

3.2.2 Galinheiro (Pico、Galinheiro)礦床地質

Galinheiro 礦床從 Pico Dike 開始覆蓋著一塊面積大約為 4.4 千米乘 2.2 千米的南北走向區域，構成 Pico 礦山北部，延伸至 Inconfidentes 公路。圖 3-4 所示的是 Pico 礦床的礦山相關地質。圖 3-5 及 3-6 所示的分別是 Pico 礦床及 Galinheiro 礦床的橫截面。

Pico 紀念區將 Sapecado 礦區與 Galinheiro/Pico 礦區分離開來，並被命名為國家紀念區。因此，必須得到保護，禁止將來在此採礦。Pico 紀念區包括來自 Cauê 建造原始露頭的大量豐富赤鐵礦。

3.3 結構地質

Cauê 建造在局部整體為南北到北偏東 45°走向，帶有分隔或控制礦點的橫向斷層。Cauê 建造結構性礦點位於 Moeda Syncline 沿線。在 Pico 區北部，沿以前就存在的東西斷層出現了一個厚度可能達到 50 米的變質岩牆 (Pico 岩牆)。MBR 將該結構特徵以及 Pico 紀念區作為 Sapecado 與 Galinheiro 模型礦床的自然分支。

Cauê 建造的鐵礦化區中顯示相關斷層的致密褶皺。這些構造特徵似乎是始於巴西利亞 (Brasiliano)造山運動期間的板塊抬升活動。圖 3-7 所示的是見於這些礦區中的典型褶皺。

3.4 礦化作用

Pico 礦場礦床由主要以赤鐵礦、鐵英岩及中間次生礦物形式出現在 Cauê 有鐵建造中的大量鐵氧化礦物選礦構成。Pico 礦場中的有鐵建造厚度不等，南部為 150 米，中部為 700 米。該等選礦被稱為鐵英岩。

Pico 礦場礦床的主要經濟礦物成份包括赤鐵礦、鐵英岩及部份鐵角礫岩。這些物質按其物理及化學特性分類載於表 3-1 中。



- | | | |
|--|--|---|
|  Itabirito Anfibolítico |  Itabirito Silicoso |  赤鐵礦 |
|  Hematita Macia |  Philite |  鐵英岩 |
|  Metabásica |  鐵角礫岩 |  Itabirite |
| | |  Aterro |

不得縮放
Not to Scale

發佈日期 2005年12月

圖片名稱
圖 3-4.cdr

E Fig3-4.cdr

由 Pincock, Allen & Holt 製備
地址：165 S. Union Boulevard, Suite
950
Lakewood, Colorado 80228
電話號碼：(303) 986-6950
FAX: (303) 986-0100

圖紙提供/圖紙製作

Drawing Provided by/Prepared for

Mineração Brasileira Recursos

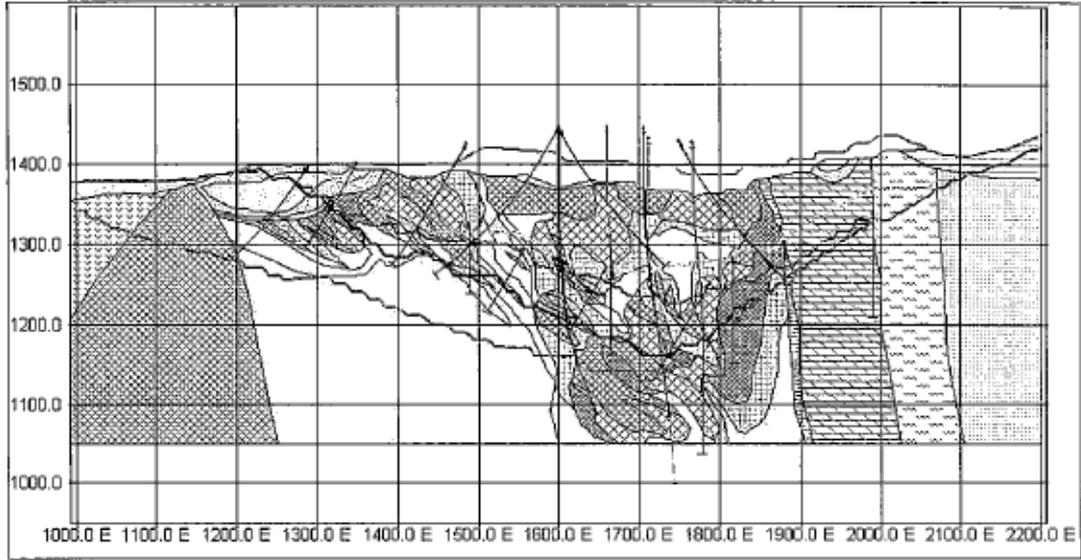
項目名稱：

Pico 礦場儲量審核

項目編號：

34350

圖 3-4
Pico 礦場地質地圖



釋義

[Symbol]	HO—硬赤鐵礦
[Symbol]	MO—中赤鐵礦
[Symbol]	SO—軟赤鐵礦
[Symbol]	VSO—粉狀赤鐵礦
[Symbol]	SCO—受污染的赤鐵礦
[Symbol]	RLHM—赤鐵礦殘渣
[Symbol]	FEMN—鐵錳
[Symbol]	RSIB—豐富的軟鐵英岩
[Symbol]	RSIB—豐富的中鐵英岩
[Symbol]	RAIF—豐富的泥質鐵礦構造
[Symbol]	AIF—泥質鐵礦構造
[Symbol]	HIB—硬鐵英岩
[Symbol]	MIB—中鐵英岩
[Symbol]	SIB—軟鐵英岩
[Symbol]	HIAN—硬角閃岩鐵英岩
[Symbol]	MIAN—中角閃岩鐵英岩
[Symbol]	IANF—角閃岩鐵英岩
[Symbol]	IBMN—含錳鐵英岩
[Symbol]	IBLI—褐鐵英岩
[Symbol]	CG—鐵角礫岩
[Symbol]	DL—白雲岩
[Symbol]	FL—千枚岩
[Symbol]	FD—白雲千枚岩
[Symbol]	QT—石英岩
[Symbol]	CH—燧石
[Symbol]	BI—基性岩
[Symbol]	SL—土壤
[Symbol]	AT—填料

釋義

- [Symbol] 2005年1月最終礦坑，赤鐵礦
- [Symbol] 2005年9月最終礦坑，鐵英岩
- [Symbol] 1996年3月地形
- [Symbol] 2002年4月地形
- [Symbol] 2005年1月地形

由 Pincock, Allen & Holt 製備

地址：165 S. Union Boulevard, Suite 950 圖紙提供/圖紙製作

950 Lakewood, Colorado 80228

電話號碼：(303) 986-6950

Phone (303) 986-6950

項目編號：

34350

Minerações Brasileiras Reunidas

項目名稱：

Pico 礦場儲量審核

發佈日期

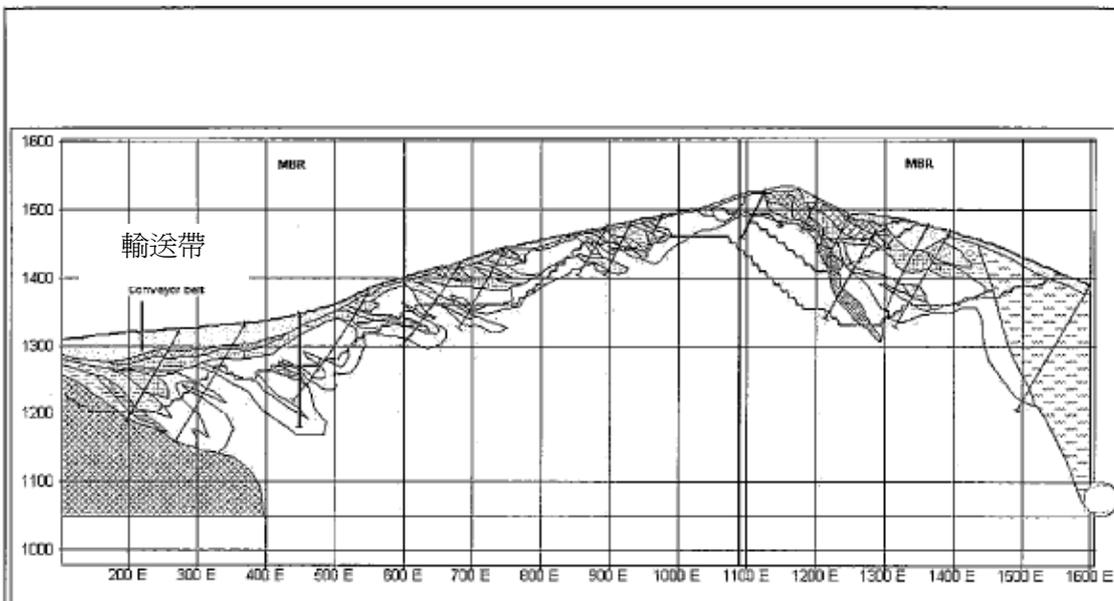
2005年12月

Dec/2005

圖片名稱

圖 3-5.cdr

圖 3-5
Pico 礦床地質剖面



釋義

[Pattern]	HO—硬赤鐵礦
[Pattern]	MO—中赤鐵礦
[Pattern]	SO—軟赤鐵礦
[Pattern]	VSO—粉狀赤鐵礦
[Pattern]	SCO—受污染的赤鐵礦
[Pattern]	RLHM—赤鐵礦殘渣
[Pattern]	FEMN—鐵錳
[Pattern]	RSIB—豐富的軟鐵英岩
[Pattern]	RSIB—豐富的中鐵英岩
[Pattern]	RAIF—豐富的泥質鐵礦構造
[Pattern]	AIF—泥質鐵礦構造
[Pattern]	HIB—硬鐵英岩
[Pattern]	MIB—中鐵英岩
[Pattern]	SIB—軟鐵英岩
[Pattern]	HIAN—硬角閃岩鐵英岩
[Pattern]	MIAN—中角閃岩鐵英岩
[Pattern]	IANF—角閃岩鐵英岩
[Pattern]	IBMN—含錳鐵英岩
[Pattern]	IBLI—褐鐵英岩
[Pattern]	CG—鐵角礫岩
[Pattern]	DL—白雲岩
[Pattern]	FL—千枚岩
[Pattern]	FD—白雲千枚岩
[Pattern]	QT—石英岩
[Pattern]	CH—燧石
[Pattern]	BI—基性岩
[Pattern]	SL—土壤
[Pattern]	AT—填料

釋義

- [Pattern]
 - [Pattern]
 - [Pattern]
 - [Pattern]
 - [Pattern]
- 2005年1月最終礦坑，赤鐵礦
 2005年9月最終礦坑，鐵英岩
 1996年3月地形
 2002年4月地形
 2005年1月地形

由 Pincock, Allen & Holt 製備
 地址：165 S. Union Boulevard, Suite
 950
 Lakewood, Colorado 80228
 電話號碼：(303) 986-6950

圖紙提供/圖紙製作
 Drawing Provided by/Prepared for
 Mineração Brasileira de
 項目名稱：
 Pico 礦場儲量審核

圖 3-6
 Galinheiro 礦床地質截面

發佈日期
 2005年12月
 圖片名稱
 圖 3-6.cdr

項目編號：
 34350



由 Pincock, Allen & Holt 製備
地址：165 S. Union Boulevard, Suite
950
Lakewood, Colorado 80228
電話號碼：(303) 986-6950

圖紙提供／圖紙製作
Minerações Brasileiras Reunidas

項目名稱：
Pico 礦場儲量審核

項目編號：**34350**

圖 3-7

顯示鐵英岩礦化褶皺的照片

發佈日期
2005 年 12 月

圖片名稱
圖 3-7.cdr

表 3-1
Minerações Brasileiras Reunidas
Pico 礦場—儲量審核
Pico 礦場鐵礦物之簡表

主要礦物	分類		一般特徵	銷售產品
	物理屬性	化學屬性		
赤鐵礦	原生礦物 硬礦物 軟礦物	灰色至灰藍色，Fe>64%，脈石礦物、石英、絹云母、綠泥石、錳的含量較低	大型、密集成塊礦物，晶狀體（長達 350 米，厚度為數厘米至 150 米不等）細粒（+ - 12 μ ）成團的赤鐵礦或假像赤鐵礦，偶爾有磁鐵礦殘留。水平及垂直方向的連續性多變，與鐵英岩聯繫極為緊密。	大塊礦石 銑鐵 燒階粉礦 造球粉礦
	緊密赤鐵礦 （又稱硬質赤鐵礦）	灰色至灰藍色，鐵>64%，脈石礦物、石英、絹雲母、綠泥石、磷灰石、錳的含量較低	堅硬，具有高度抗裂性，以致在以下方面表現顯著：粗礦（-50 至 +6.15mm）、孔密度低、大型、介殼裂痕。	大塊礦石。 銑鐵 燒階粉礦 造球粉礦
	中等硬度赤鐵礦	灰色，鐵>64%，脈石礦物、石英、絹雲母、綠泥石、磷灰石、錳的含量較低	孔隙度適中，抗裂，赤鐵礦板狀體板狀齊整的岩基中，含有角礫岩的礦石碎片。初期侵蝕。	燒階粉礦 銑鐵 造球粉礦
	軟質赤鐵礦（又稱易碎赤鐵礦） 極軟的赤鐵礦	灰色，鐵>64%，脈石礦物、石英、絹雲母、綠泥石、磷灰石、錳的含量較低	孔隙度高（高達 40%），浸取和構造事件形成不緊密的角礫岩和碎裂岩，偶有面理化剪切區域。侵蝕程度（intemperism）較高。	燒階粉礦 造球粉礦
鐵英岩	原生礦物 硬度取決於侵蝕程度（intemperism）有關	鐵品位 30-64%，含鐵及石英層的帶狀變質沉積岩礦。由於鐵英岩中含有鋁、錳、磷、二氧化矽精礦、高岭石、水鉛氧石、絹云母、綠泥石及錳氧化物，化學組成受副礦物所形成的精礦的影響。	由於氧化物浸出及氧化，高孔隙度礦物中石英含量增加。原始硬度及硬度減弱取決於侵蝕程度（intemperism）。由於褐鐵礦、針鐵礦、錳或其他二次污染物形成大量孔洞，經濟礦藏取決於硬度及化學組成。根據結構條件的不同，風化可能發生在 Pico 礦場 400 米以下。根據當前的經濟狀況及技術方面的改進，僅軟質或易碎赤鐵礦可視為經濟礦藏。	燒階粉礦及 造球粉礦
	軟質（易碎）鐵英岩。 富鐵英岩及貧鐵英岩（目測分類）	鐵品位 30-64%，具一定氧化程度的帶狀變質沉積岩礦。化學組成受副礦物所形成的精礦的影響，副礦物主要包括石英、褐鐵礦、鋁、磷、錳，這些成份可能對選礦回收率有一定影響。	鐵英岩含有微扁平狀及粒狀赤鐵礦，剪切面偶爾存在假像赤鐵礦及鏡鐵礦。篩選「富」、「貧」鐵英岩（目測分類）後，得到鐵礦物含量最高的粗粒精礦（-50 至 +6.15 毫米）	燒階粉礦及 造球粉礦
		硅酸鹽鐵英岩。	Moeda Syneline 東側最為豐富的類型。Intemperismo 產生高孔隙率。結構條件可能導致蝕變縱向及橫向的指狀交錯。	燒階粉礦及 造球粉礦。
		褐鐵礦鐵英岩。	含有豐富的多孔斷裂面針鐵石。最常見於鐵角礫岩及斷口／斷裂帶的接觸面附近。	燒階粉礦及 造球粉礦。
		角閃鐵英岩。	應用目前技術所作的複雜冶金回採。	非當前礦。
		錳化鐵英岩。 表現為軟錳礦、錳鉀礦、錳鋇礦及錳磷鋁礦。	應用目前技術所作的複雜冶金回採。發生在 Caue 構造及 Gandarela 構造的接觸面附近且與基礎岩脈群接觸。其可能會與原礦部分混合。	非當前礦。
	中等硬度鐵英岩	原始鐵英岩的部分蝕變。	在當前條件下處理起來不經濟。	非當前礦。
	硬質鐵英岩	主要礦物，不蝕變鐵英岩。	在當前條件下處理起來不經濟。	非當前礦。
	鐵角礫岩	對凝固的褐鐵礦不能固結。有鐵建造風化及「原位」氧化的結果。	鐵 30%-40%，赤鐵礦及鐵英岩碎屑與褐鐵礦凝結；有害成分含量高，如 Al ₂ O ₃ ，MnO _x ，P ₂ O ₅ 等等。	其作為鐵礦床之表層存在。在 Pico 礦場區域內其厚度從數厘米到 35 米不等。

赤鐵礦是鐵英岩中含量最豐富的礦產。其可能呈大而密的塊狀或晶體、偽層或圓柱狀選礦，且可能與斷層、岩脈或接觸圈等地質結構相聯。Pico 礦場中該等大塊礦體寬 150 米，深度達 400 多米。礦床內部份區域的赤鐵礦石矩陣成份大部份為假像赤鐵礦及赤鐵礦，內含鏡鐵礦及磁鐵礦殘餘物。赤鐵礦一般含有 64% 以上的 Fe 及少量附屬礦物，如石英、綠泥石、磷灰石、氧化錳及絹雲母。Pico 礦場的 Pico 紀念區顯示大塊赤鐵礦露出（圖 3-8）。

在 Pico 礦區，橫沖斷層產生礦化邊界，如 Sapecado 與 Galinheiro 區域間的自然分離，其中變形的鎂鐵質岩脈沿原有東西斷層排列。該結構似乎還影響到 Pico 礦床的赤鐵礦點控制。基於物理特徵，赤鐵礦被分為緻密（硬）、中度及軟。

鐵英岩是變質沉積礦物，由粒狀石英及赤鐵礦層交替組成。按特定礦物成份或優勢可將鐵英岩品質劃分為矽質、褐鐵、角閃岩或含錳，而按蝕變程度可分為硬、中等或軟。

大部份鐵英岩呈堅硬而密集的礦物，在目前技術及經濟條件下極不易於進行加工及選礦；但經過一定程度的蝕變後，其將變得容易加工及選礦，生成燒結礦及球團原料等可出售產品。在 Pico 礦區，鐵英岩的風化深度可達 400 米。

鐵英岩蝕變取決於其暴露於露出處的風化情況，或其與可能增強淋濾或表生過程的其他地質結構或條件間的聯繫。同樣，其與其他岩石相連可能產生二次污染效果，如在淋濾過程中生成大量褐鐵、角閃岩或錳。經濟的鐵英岩一般含有 30% 至 64% 的 Fe，以及約 20% 的石英、1.6% 至 6% 的 Al_2O_3 、3% 至 15% 的錳及其他少量礦物質。圖 3-9 所示為 Abóboras 礦床帶褶皺和部份淋濾的鐵英岩岩心。

Cauê 構造中的鐵礦床一般覆蓋有未固結氧化鐵硬質鐵帽頂蓋堆積（**鐵角礫岩**），在 Pico 礦區內其厚度從幾釐米到 35 米不等。其由未分類的集塊岩組成，含有赤鐵礦、鐵英岩及其他次生鐵礦碎屑，該等物質大部份在含鐵建造的表生過程中就已地由褐鐵礦及粘土製品進行滲碳處理。圖 3-10 所示為典型的鐵角礫岩，位於 Galinheiro 礦床東面斜坡。鐵角礫岩一般含有 30% 至 64% 的 Fe，以及不同程度的附屬礦物，包括污染物。加工鐵角礫岩以產生可出售產品的條件取決於其污染礦物含量及污染礦物在冶金加工中的減少情況。



由 Pincock, Allen & Holt 製備
地址：165 S. Union Boulevard, Suite
950
Lakewood, Colorado 80228
電話號碼：(303) 986-6950
項目編號：34350

圖紙提供 / 圖紙製作
Minerações Brasileiras Reunidas
項目名稱：
Pico 礦場儲量審核

圖 3-8
Pico 礦場的 Pico 紀念區顯示此處有大
塊赤鐵礦露出

發佈日期
2005 年 12 月
圖片名稱
圖 3-8.cdr
fig-8.cdr



由 Pincock, Allen & Holt 製備
地址：165 S. Union Boulevard, Suite
950
Lakewood, Colorado 80228
電話號碼：(303) 986-6950

圖紙提供 / 圖紙製作

Minerações Brasileiras Reunidas

項目名稱：
Pico 礦場儲量審核

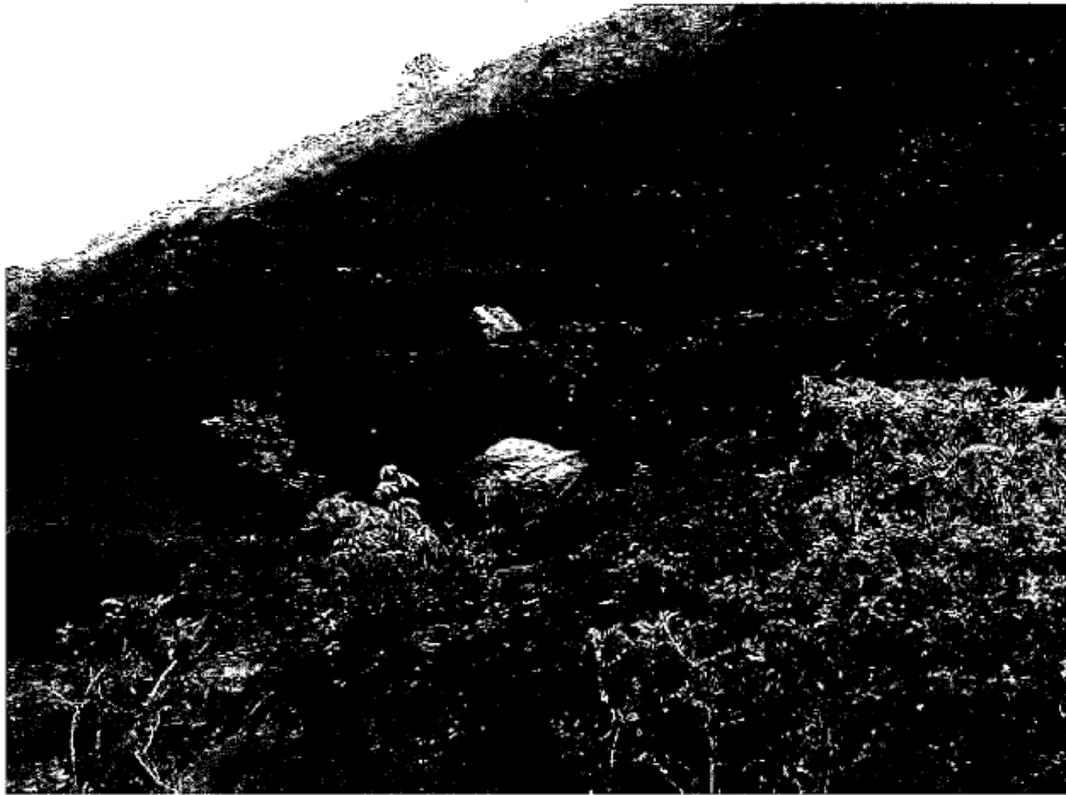
it

發佈日期
2005 年 12 月

圖 3-9
Abóboras 鐵英岩岩心顯示出褶皺和淋濾

圖片名稱
圖 3-9.cdr

項目編號： 34350



由 Pincock, Allen & Holt 製備
地址：165 S. Union Boulevard, Suite 950
Lakewood, Colorado 80228
電話號碼：(303) 986-6950
項目編號：**34350**

圖紙提供/圖紙製作
Minerações Brasileiras Reunidas GALINHEIRO
項目名稱：
Pico 礦場儲量審核

圖 3-10
礦床東面斜坡上的鐵角礫岩蓋層

發佈日期
2005 年 12 月
圖片名稱
圖 3-10.cdr

岩心裝在木箱中運至 MBR 公司的研究中心 Galpar de Testemunhos do Miguelao 進行記錄採樣和儲存。該中心目前存有約 400,000 米岩心。PAH 發現該中心很整潔且秩序良好。

表 3-2 總結了至 2005 年 5 月 18 日在 Pico 礦區進行的鑽探工作。

表 3-2

Mineracoes Brasileiras Reunidas

Pico 礦區-儲量審計

截至 2005 年 5 月 18 日的鑽探工作總結

年	Pico 礦		Sapecado 礦		Galinheiro 礦	
	鑽孔編號	米	鑽孔編號	米	鑽孔編號	米
1958 年	0	0	0	0	6	305
1959 年	0	0	3	201	2	119
1965 年	1	52	0	0	0	0
1966 年	12	1,464	0	0	0	0
1967 年	15	1,461	0	0	0	0
1975 年	4	483	0	0	0	0
1979 年	0	0	0	0	21	2,359
1986 年	19	3,331	0	0	0	0
1987 年	16	2,826	0	0	0	0
1988 年	1	216	0	0	0	0
1990 年	16	3,411	0	0	0	0
1991 年	15	2,581	13	1,523	0	0
1992 年	21	1,762	0	0	0	0
1996 年	4	692	0	0	0	0
1997 年	9	1,585	0	0	0	0
1998 年	0	0	19	2,580	2	153
1999 年	2	253	28	2,943	0	0
2000 年	22	1,737	1	60	0	0
2001 年	14	843	53	4,433	23	1,605
2002 年	17	1,672	54	6,911	19	1,506
2003 年	10	1,410	43	6,327	48	7,842
2004 年	8	815	36	5,755	71	13,035
2005 年	0	0	6	1,291	14	2,922
總計	206	26594	256	32023	206	29,845

3.5.2 採樣

Pico 礦區的採樣工作由 MBR 的地質師負責，採用公司製定並與 2001 年 10 月 19 日確定的標準流程。確定了鑽探和槽探的採樣標準。

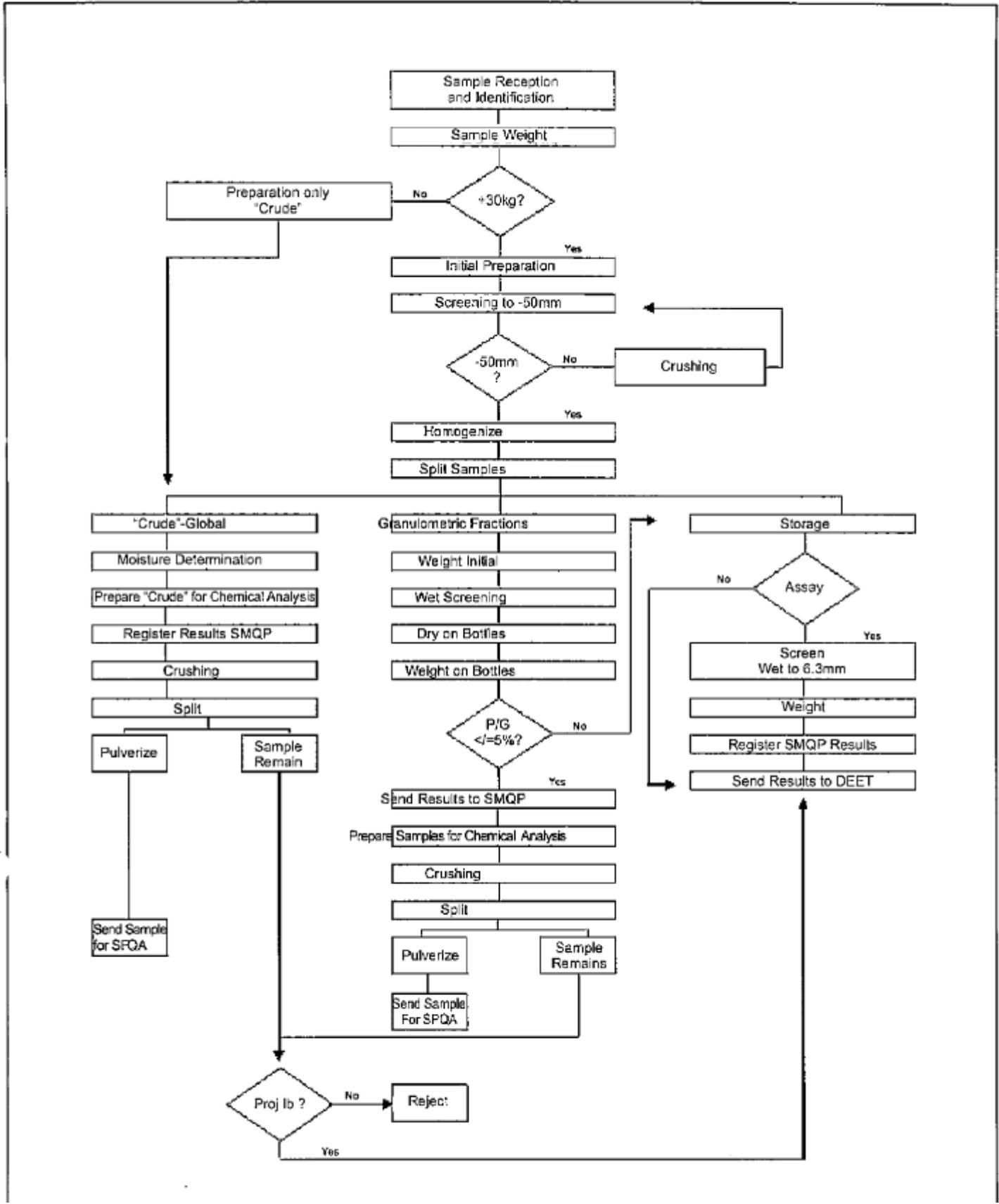
TABLE 3-3
Minerações Brasileiras Reunidas
Pico Complex – Reserve Audit
Geologic Coding and Logging Reference Tables

LITOTIPOS		MODIFICADORES		ABUNDANCIA MINERAL	
FL	HD	CONSI	TEDES	MINERAL	ABUNDANCIA MINERAL
Filo Quiloso	Hemática Compacta/Dura	duro	pedre	aportada	10%
Filo Dolomítico	Hemática Média	DU	ME	alito	20%
Filo Serpenteado	Hemática Média Escurecida	ME	ME	antibolito	30%
Xisto	Hemática Média Lamada	MC	MC	argila (indistinta)	40%
Talco-Vidro	Hemática Fravel	FR	FR	argila	50%
Amfibolito	Hemática Pulverulenta	PU	PU	argila	60%
Dolomito	Brecha de Hemática	BR	BR	carbonato (indistinto)	70%
Quartzo	Hemática Margacifera	MA	MA	carbonato (indistinto)	80%
Chert	Ferro-Margacifera	FM	FM	carbonato (indistinto)	90%
Vidro de quartzo	Hemática Margacifera	MA	MA	carbonato (indistinto)	100%
Conglomerado	Hemática Média/Fravel	FR	FR	carbonato (indistinto)	5% - Avaliação
Argila	Hemática Média/Duro/Fravel	FR	FR	carbonato (indistinto)	0.03 a 0.10%
Esquila	Hemática Argilosa/Fravel	FR	FR	carbonato (indistinto)	0.10 a 0.20%
Brecha	Hemática Argilosa	FR	FR	carbonato (indistinto)	0.20 a 1.00%
Micrito	Hemática Duro	FR	FR	carbonato (indistinto)	100 a 2.00%
Báscula/maquia	Hemática Média	FR	FR	carbonato (indistinto)	Unitário
Báscula/maquia Alterada	Hemática Média	FR	FR	carbonato (indistinto)	
IRREGULAR	Brecha de IRREGULAR	BR	BR	carbonato (indistinto)	
Rolado	Hemática Dolomítica	DL	DL	carbonato (indistinto)	
Solo	Hemática Anticolidária	AN	AN	carbonato (indistinto)	
Areia	Hemática Anticolidária/Duro	AN	AN	carbonato (indistinto)	
Vidro	Hemática Anticolidária/Médio	AN	AN	carbonato (indistinto)	
Sem Floculação	Hemática Anticolidária/Mofo	AN	AN	carbonato (indistinto)	
Hemática Limonitosa	Hemática Limonitosa	LI	LI	carbonato (indistinto)	
Hemática Siliceosa Limonitosa Duro	Hemática Siliceosa Limonitosa Duro	LS	LS	carbonato (indistinto)	
Hemática Siliceosa Limonitosa Médio	Hemática Siliceosa Limonitosa Médio	LM	LM	carbonato (indistinto)	
Hemática Siliceosa Limonitosa Macio	Hemática Siliceosa Limonitosa Macio	LSM	LSM	carbonato (indistinto)	
Hemática Siliceosa Limonitosa Pico	Hemática Siliceosa Limonitosa Pico	LSM	LSM	carbonato (indistinto)	
Canga	Canga	CG	CG	carbonato (indistinto)	
Lazerka	Lazerka	LA	LA	carbonato (indistinto)	
Oca	Oca	OC	OC	carbonato (indistinto)	

FORMAÇÕES FERÍFERAS CONTAMINADAS		COMPOSIÇÃO QUÍMICA	
Identificar a identificação da elite:			
Alumina	Alumina	Alumina	Alumina
Ferrosa	Ferrosa	Ferrosa	Ferrosa
Margacifera	Margacifera	Margacifera	Margacifera
Silicea	Silicea	Silicea	Silicea

ITABRITOS		COMPOSIÇÃO QUÍMICA	
composição mineral	teor minério	composição mineral	teor minério
S - Siliceo	D - Duro	S - Siliceo	D - Duro
D - Dolomítico	M - Médio	D - Dolomítico	M - Médio
L - Limonitico	F - Fravel	L - Limonitico	F - Fravel
A - Argilosa	M - Margacifera	A - Argilosa	M - Margacifera
F - Anticolidária	L - Limonitico/ant. amoso	F - Anticolidária	L - Limonitico/ant. amoso
M - Margacifera	F - Anticolidária	M - Margacifera	F - Anticolidária
	G - Gortolico		G - Gortolico

exemplo: HD5 - Hemática Dura Silicea



編製者	PINCOCK 公司, allen & holt., 165 S. Union Boulevard, Suite 950., Lakewood, Colorado 80228., Phone (303)936-6950.	圖片提供者 / 編製者	Minerações Brasileiras Reunidas	圖 3-11	發出日期	2006年1月
項目編碼	34350	項目名稱	Pico Complex Reserve Audit	鑽孔樣本準備流程圖	圖片名稱	Fig3-11.cdr

- 1) 將粒度降至 50mm 以下
- 2) 過篩並分為四個組分：
 - WT 總樣本（原礦）
 - W1 粒度-50mm 至+6.3mm
 - W2 粒度-6.3mm 至 0.15mm
 - W3 粒度小於 0.15mm（尾礦）
- 3) 對所有組分和總樣本進行化學分析

對每個粒度組分樣本進行分析，並於總樣本分析結果相比較。2004 年分析控制的可重複率為 3.33%。

通過濕法分析、X 射線熒光分析和 ICP 光譜分析並採取專門標準流程確定 Fe、P、SiO₂、Al₂O₃、Mn、LOI、CaO、MgO、和 TiO₂ 的含量。

在檢驗了規定標準之後，將樣本結果輸入 GIM-SMQP 的實驗室模塊，其中將金屬平衡作為最終控制參數。只有經過檢查並獲批准的最終資料，才會呈交與 MBR 授權的人員。然後將礦漿送至岩心庫儲存。

MBR 建立了將 Wi、Fei、Ali、Pi、Mni 和 LOIi 變量，作為粒度大小的比例，及元素組別的含量 (i)，以對應於不同粒度組分(W1、W2、W3 和 WT)的粒度比例。

3.7 樣本 QA/QC 流程

MBR 對實驗室設備和流程建立了嚴格的控制措施，以保證最準確的分析結果。通過對磅秤、篩網、計時器和溫度計進行的校準控制以及檢查破碎機、格條分樣器、加熱板和乾燥爐，保證了校準樣本製備質量控制。通過篩分損失率控制對結果進行檢驗。

化學分析過程中的質量控制包括對磅秤、溫度計、熱電偶和玻璃器皿進行的評估和度量衡控制；並通過在每批樣本後，採用 X 射線熒光 ICP 光譜或鐵含量測定，分析認證參考材料 (CRM) 或內部標準 (MR)。每個分析組分經氧化物化學當量平衡進行驗算。

MBR 還進行了進一步研究，以評估數據獲取流程的工作質量，例如“全局分析結果和全局計算結果的比較研究”和“副本樣本的比較研究”，還進行了各實驗室間的檢測工作。

「全局分析結果和全局計算結果的比較研究」是基於原礦或總樣本分析與每個粒度組分的加權品位之間的成對數據關係。與化驗品位有關的尺寸分析構成了資源量和儲量評估的基礎。該項研究中，將相同元素的原礦品位（Fe、SiO₂、Al₂O₃、LOI、P 和 Mn）和相應過篩樣本計算頭品位進行分析。

表 3-4 為 Galinheiro-Salvador Machado-Pico-Sapecado 礦床數據庫。包括從 1958 年至 2005 年 5 月 18 日的 8503 個樣本。該數據庫分為赤鐵礦和鐵英岩礦石兩部分。

表 3-4
Mineracoes Brasileiras Reunidas
Pico 礦區儲備審計
全局數據和計算分析結果比較研究

	檢測下限	赤鐵礦	鐵英岩	<i>總計</i>
		鐵分析品位≥64 樣品數	30 <鐵分析品位<64 樣品數	
Fe	-	2021	5632	7653
SiO ₂	0.10	2021	5632	7653
Al ₂ O ₃	0.10	2006	5582	7588
LOI	0.10	1953	5538	7491
P	0.010	1957	5428	7385
Mn	0.010	1726	4806	6532

(*) 超過檢測下限的樣本數。

MBR 利用 Minitab 軟件對樣本結果進行統計分析。表 3-5 和 3-6 和圖 3-12 和 3-13 列出了赤鐵礦和鐵英岩樣本鐵品位結果成對比較和耦合線圖統計摘要。

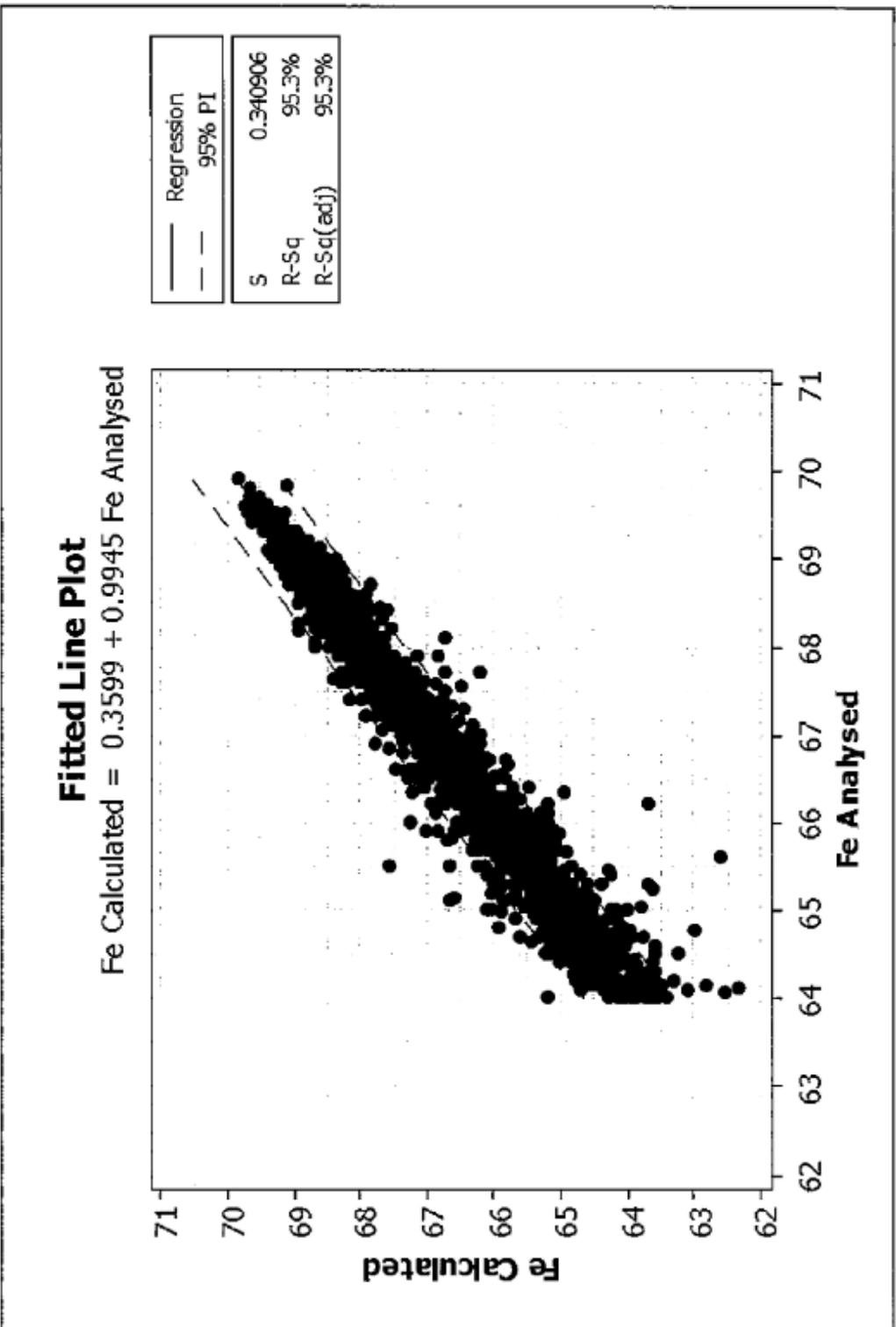
表 3-5

Mineracoes Brasileiras Reunidas

Pico 礦區儲量審計

赤鐵礦全局數據和計算分析結果比較研究統計

赤鐵礦			
鑽孔岩芯樣本			
變量	數量	平均值	標準差
鐵分析值	2021	66.922	1.536
鐵計算值	2021	66.911	1.565
鐵計算值-分析值	2021	-0.01087	0.34093
RES11	2021	8.16E - 14	0.34082
變量	N	平均值	標準差
SiO2 分析值	2021	1.6653	1.3857
SiO2 計算值	2021	1.6726	1.4245
SiO2 計算值-分析值	2021	0.00728	0.27144
RES11	2021	- 3.255E - 15	0.27114
變量	N	平均值	標準差
Al2O3 分析值	2006	1.0123	0.6984
Al2O3 計算值	2006	1.0088	0.6991
Al2O3 計算值-分析值	2006	-0.00356	0.17156
RES11	2006	- 3.778E - 15	0.17035
變量	N	平均值	標準差
LOI 分析值	1953	1.3116	1.0772
LOI 計算值	1953	1.3028	1.0737
LOI 計算值-分析值	1953	-0.00886	0.17519
RES11	1953	1.581E - 15	0.17429
變量	N	平均值	標準差
P 分析	1957	0.048284	0.032697
P 計算	1957	0.048108	0.032949
P 計算值-分析值	1957	-0.000176	0.009928
RES11	1957	2.115E ~ 16	0.009848
變數	N	平均值	標準差
錳分析值	1726	0.12144	0.23467
錳計算值	1726	0.12065	0.24939
錳計算值-分析值	1726	-0.000791	0.06969
RES11	1726	4.454E - 16	0.06953



RES1 = Residual: The difference between the observed response value and the fitted response value

	PINCOCK, ALLEN & HOLT 180 St. Urban Boulevard, Suite 200 Lakewood, Colorado 80226 Phone (303) 539-9200	圖片說明書 / 說明書 Minerações Brasileiras Reunidas 項目名稱 Pico Complex Reserve Audit	圖號: 3-12 發出日期: 2005年12月 圖片名稱: 存盤標-盤結果複合線圖 Fig3-12.cdr
---	---	--	--

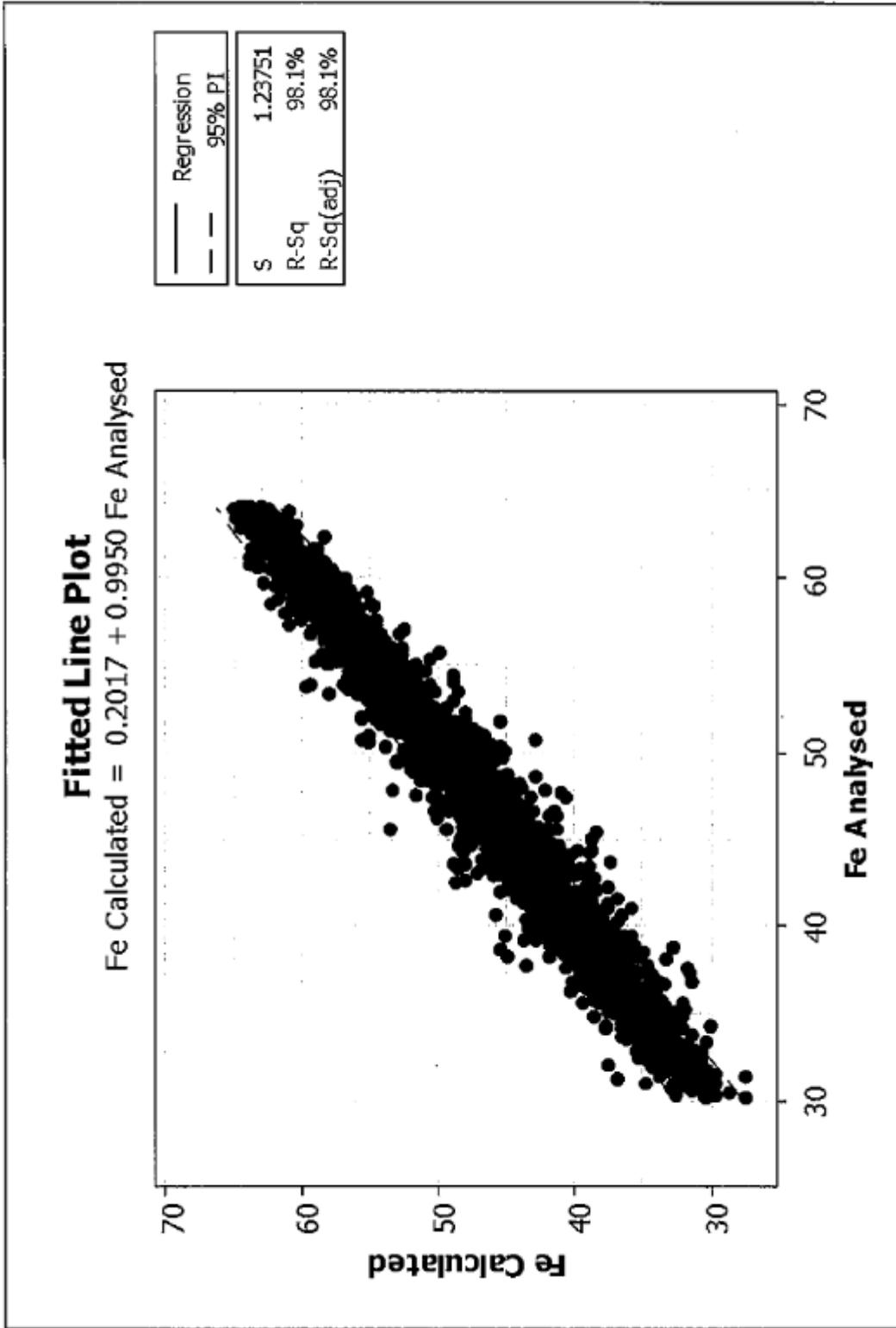
表 3-6

Mineracoes Brasileiras Reunidas

Pico 礦區儲量審計

鐵英岩全局數據和計算分析結果比較研究統計

鐵英岩			
鑽孔岩心樣本			
變量	數量	平均值	標準差
鐵分析值	5632	50.054	8.995
鐵計算值	5632	50.005	9.035
鐵計算值-分析值	5632	-0.0493	1.2382
RES11 鐵	5632	- 1.897E - 13	1.2374
變量	N	平均值	標準差
SiO2 分析值	5632	23.461	14.65
SiO2 計算值	5632	23.667	14.716
SiO2 計算值-分析值	5632	0.2054	1.8145
RES11	5632	- 6.124E - 14	1.8139
變量	N	平均值	標準差
Al2O3 分析值	5582	1.4223	1.3839
Al2O3 計算值	5582	1.3914	1.3704
Al2O3 計算值-分析值	5582	-0.03086	0.26691
RES11	5582	- 3.522E - 15	0.26403
變量	N	平均值	標準差
LOI 分析值	5538	2.7604	2.3611
LOI 計算值	5538	2.7068	2.3433
LOI 計算值-分析值	5538	-0.05368	0.31096
RES11	5538	- 7.729E - 15	0.3086
變量	N	平均值	標準差
P 分析值	5428	0.0597	0.05086
P 計算值	5428	0.05907	0.0504
P 計算值-分析值	5428	-0.000624	0.013089
RES11	5428	- 2.285E - 16	0.012912
變量	N	平均值	標準差
錳分析值	4806	0.4073	1.7714
錳計算值	4806	0.4013	1.7458
錳計算值-分析值	4806	-0.00592	0.18414
RES11	4806	- 1.922E - 15	0.18077



 34350	圖片名稱/圖片號碼 Minerações Brasileiras Reunidas 項目名稱 Pico Complex Reserve Audit	圖片號碼 3-13	發出日期 2005 年 12 月
	圖片名稱 鐵系岩複合線圖-鐵礦結果		圖片名稱 Fig3-13.cdr

2004 年中期，MBR 開始推行一項副本採樣計劃，以控制採樣過程和實驗室工作的質量。包括對剩餘一半岩心作為獨立樣本進行分析。至 2005 年 10 月 20 日，對 81 個樣本進行分析並與第一個樣本進行比較。以每 50 份規則樣本取一次副樣的頻率採集樣本副本。採樣過程包括整個礦石品位範圍和粒度組分，如表 3-7 和 3-8 和圖 3-14 所示。

表 3-7

Mineracoes Brasileiras Reunidas

Pico 礦區儲量審計

副樣採樣岩性分佈範圍

岩性分級		樣本數量
HO	硬赤鐵礦	5
MO	中硬度赤鐵礦	5
SO	軟赤鐵礦	6.
HIB	硬鐵英岩	11
MIB	中硬度鐵英岩	5
SIB	軟鐵英岩	10
RSIB	高品位軟鐵英岩	11
RIB	高品位鐵英岩	3
RAIF	高品位泥質鐵建造	3
AIF	泥質鐵建造	7
CG	鐵角礫岩	2
IBLI	褐鐵礦鐵英岩	11
-	廢石	2
總計		81

表 3-8

Mineracoes Brasileiras Reunidas

Pico 礦區儲量審計

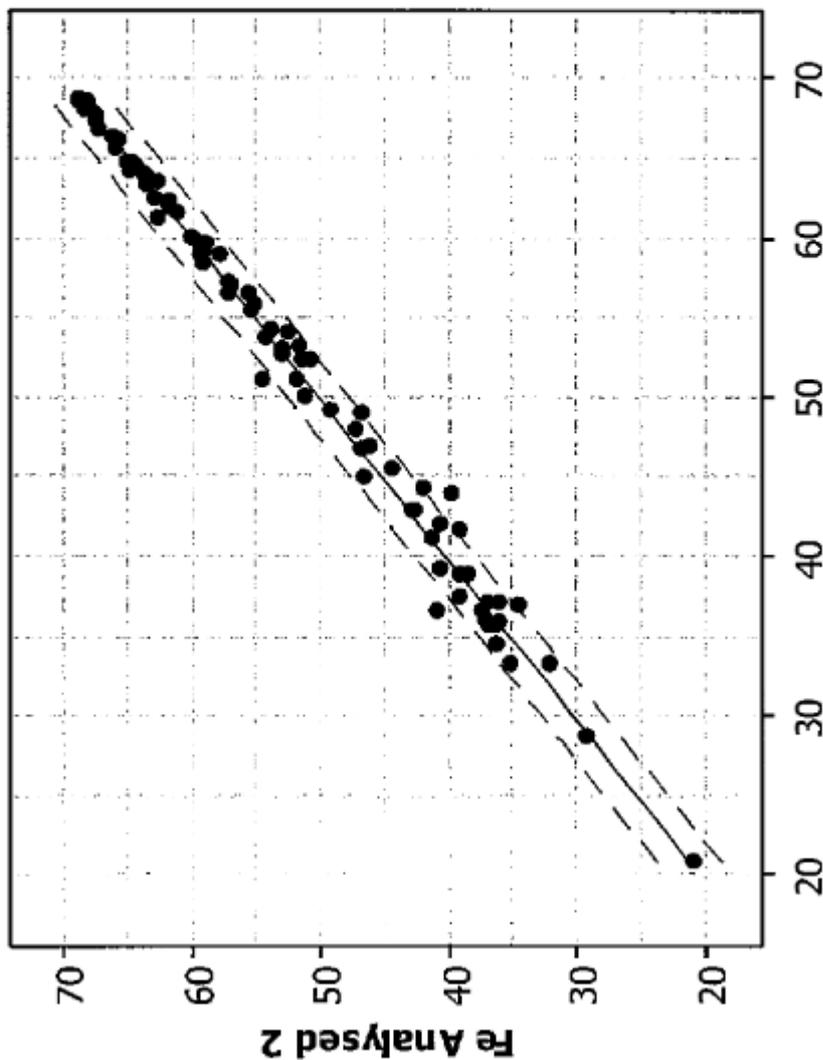
副樣數據統計摘要 (81 個樣本)

變量	平均值	標準差	最小值	最大值
鐵分析值 1	52.17	11.91	20.77	68.74
鐵分析值 2	52.26	11.85	20.93	68.9
SiO ₂ 分析值 1	20.07	17.58	0.46	62.23
SiO ₂ 分析值 2	19.95	17.38	0.41	62.69
Al ₂ O ₃ 分析值 1	1.82	2.19	0.16	17.39
Al ₂ O ₃ 分析值 2	1.80	2.18	0.18	17.30
LOI 分析值 1	2.93	2.41	0.19	10.72
LOI 分析值 2	2.91	2.40	0.24	10.56
P 分析值 1	0.059	0.041	0.01	0.23
P 分析值 2	0.059	0.041	0.01	0.25
錳分析值 1	0.200	0.344	0.01	1.63
錳分析值 2	0.200	0.331	0.01	1.50
W1-50 +6.3mm 分析值 1	28.57	25.57	0.07	95.49
W1-50 +6.3mm 分析值 2	25.39	23.71	0.06	93.63

Fitted Line Plot

Fe Analysed 2 = 0.6151 + 0.9899 Fe Analysed 1

—	Regression
- -	95% PI
S	1.19345
R-Sq	99.0%
R-Sq(adj)	99.0%



81 Samples.

	MINCOR S.A. TEL: (51) 4654.6100 Rua 7 - Uruguai Encruzilhada, Suite 2090 Lajeado, Colorado 91022-2 Fone: (51) 30 5099-5200	圖片名稱/圖號 Minerações Brasileiras Reunidas 項目名稱 Pico Complex Reserve Audit	圖片名稱 股本資本複合線圖-標準結果	發出日期 2005年12月
	34350	圖片名稱 3-14	圖片名稱 FIG3-14.cdr	

MBR 在過去三年中參與了一項實驗室間檢驗項目，包括 SGS 實驗室（巴西）、Actlabs（加拿大）和 MBR。該項目中，2003 年檢驗了 35 份鐵礦石樣本，分析了 Fe、SiO₂、Al₂O₃、P 和 Mn 等變量。發現分析結果合格，符合 MBR 化驗質量標準。

在 2004-2005 年間，另外一組 48 個鐵礦石樣本進行 Actlabs 和 MBR 之間的實驗室間檢驗。結果在表 3-9 和圖 3-15 中列出。

表 3-9

Mineracoes Brasileiras Reunidas

Pico 礦區儲量審計

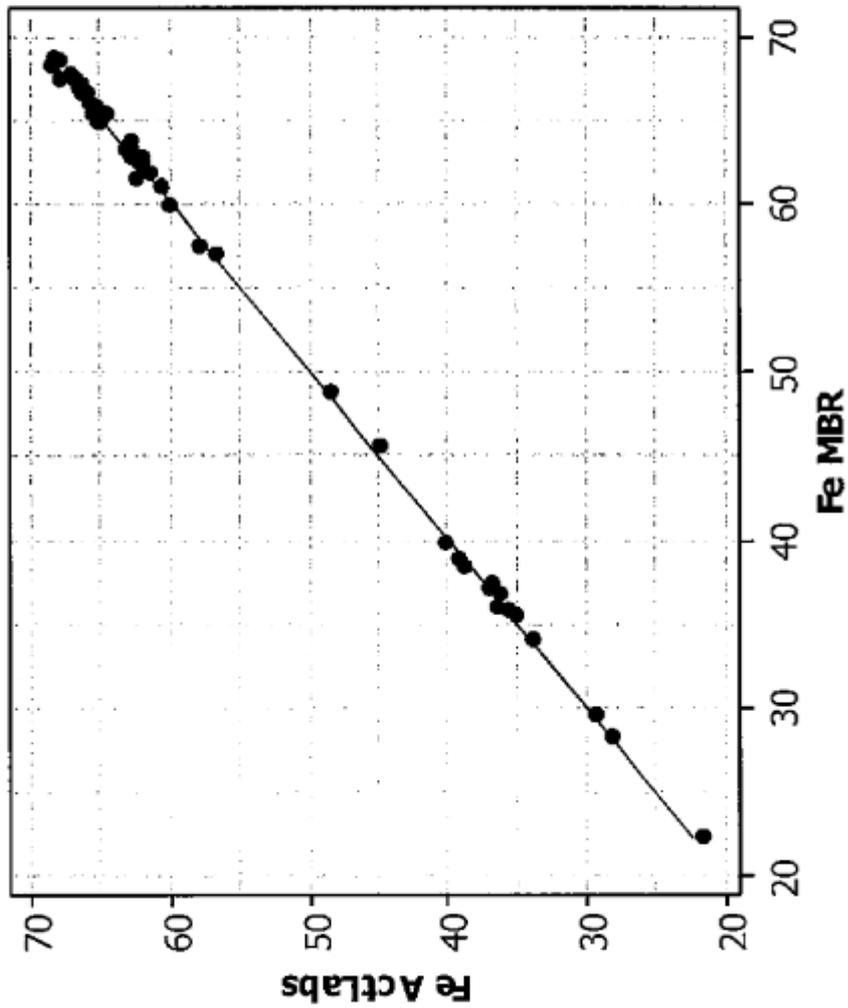
實驗室間檢驗數據統計摘要（48 對樣本）

變量	平均值	標準差	最小值	最大值
鐵 MBR	55.76	13.99	22.23	68.85
鐵 Actlabs	55.64	13.97	21.7	68.69
SiO ₂ MBR	15.56	19.61	0.34	65.70
SiO ₂ Actlabs	15.45	19.50	0.40	65.88
Al ₂ O ₃ MBR	1.38	1.45	0.26	7.17
Al ₂ O ₃ Actlabs	1.39	1.46	0.28	7.10
P MBR	0.053	0.033	0.013	0.139
P Actlabs	0.053	0.033	0.013	0.127
錳 MBR	0.620	1.377	0.015	7.560
錳 Actlabs	0.641	1.481	0.016	8.266

PAH 的審查包括實地調查 MBR 位於 Pico、Mutuca 和 Miguelao 的實驗室。所有實驗室都秩序良好、整潔且有足夠設備。實驗室人員有熱情、有積極性而且對工作認真負責。PAH 認為 MBR 實驗室人員和設施能以適當有效的方式履行其職責。PAH 注意到 MBR 實驗室用較少的人員完成了大量的工作。位於 Pico 礦的實驗室就是說明 MBR 實驗室效率的一個好例子，在 2005 年 1-10 月間累計進行了 677,736 次化驗，運營成本為 \$6.52/每次化驗。

Fitted Line Plot

$$\text{Fe Actlabs} = -0.0250 + 0.9984 \text{ Fe MBR}$$



S	0.430279
R-Sq	99.9%
R-Sq(adj)	99.9%

	項目名稱 Pico Complex Reserve Audit	項目名稱 Minerações Brasileiras Reunidas	項目名稱 Pico Complex Reserve Audit
圖片名稱 3-15	圖片名稱 複合鑽圖-ACTLABS 突	圖片名稱 複合鑽圖-ACTLABS 突	圖片名稱 MBR 結果對比
圖片日期 2005 年 12 月	圖片日期 2005 年 12 月	圖片日期 2005 年 12 月	圖片日期 2005 年 12 月
圖片名稱 Fe3-15.cdr	圖片名稱 Fe3-15.cdr	圖片名稱 Fe3-15.cdr	圖片名稱 Fe3-15.cdr

3.8 密度測定

從 80 年代起，MBR 開始對 Pico 礦區礦山的岩石和礦石樣本的密度值進行估測。隨後進行了多項研究和許多密度測量，以獲得 MBR 礦山和項目中不同岩石類型和礦石密度數值和計算公式的標準。

密度測定基於三個主要方法，取決於測量的礦物類型。礦石和礦物分為兩組進行測量。採用排水法或重介質法測定硬緻密赤鐵礦礦石密度，用水/砂體積或重量置換法測定較軟或變質礦物。通過稱重測量岩心樣本密度。

由於隨後獲得的結果中不同形狀的赤鐵礦密度變化很小，而容易通過台階體積切割測量較軟礦物的密度，因此，MBR 考慮採用公式估算赤鐵礦密度。確定了每種岩性類型的平均密度值，包括鐵英岩以及鐵建造周圍圍岩。

通過 MBR 密度測量工作，可以推算鐵英岩礦石和礦區範圍內所遇到的岩性單元的平均密度值，以及適用於赤鐵礦的回歸分析公式。所有密度值為原岩密度，包含水分。赤鐵礦密度可由下列公式估算：

$$P = 0.0151 \times W1 + 2.9489$$

計算出的密度值為乾密度，受粒度變量的影響；因此算出的密度值後，需要根據物理產狀加上平均水分調整原岩密度基準。表 3-10 為鐵英岩礦石和廢石的平均密度值。表 3-11 為加上表 3-12 中平均水分之後的估計赤鐵礦密度值。

表 3-10

Mineracoes Brasileiras Reunidas

Pico 礦區-儲量審計

鐵英岩礦石和廢石的平均密度

岩石代碼	岩石/礦石 描述	密度	
		PIC	SAP
FEMN	含錳鐵礦石	-	2.78
RSIB	高品位鐵英岩	2.83	2.83
RIB	中高品位鐵英岩	2.88	2.88
RAIF	高品位泥質鐵英岩	2.63	2.63
AIF	泥質鐵英岩	2.46	2.46
HIB	緻密含矽鐵英岩	3.10	3.1
MIB	中強度含矽鐵英岩	2.69	2.69
SIB	脆性低強度含矽鐵英岩	2.55	2.55
BRIB	鐵英角礫岩	-	2.69
HIAN	緻密角閃鐵英岩	3.10	3.10
MIAN	中強度角閃鐵英岩	2.69	2.69
IANF	脆性角閃鐵英岩	2.63	2.63
IBMN	含錳鐵英岩	2.46	2.46
IBLI	脆性褐鐵礦鐵英岩	2.63	2.63
CG	鐵角礫岩	3.16	3.16
DL	白雲岩	2.62	2.62
FL	千枚岩	-	2.02
FD	白雲千枚岩	2.02	2.02
FS	絹雲母千枚岩	2.77	-
QT	石英岩	2.46	2.46
CH	燧石	-	-
BI	基性岩	2.15	2.15
VQ	石英脈	2.77	-
SL	土壤	2.14	2.14
AT	廢石堆	2.14	2.14

表 3-11

Mineracoes Brasileiras Reunidas

Pico 礦區儲量審計

赤鐵礦密度

岩石代碼	岩性描述	密度	
		PIC	SAP
HO	硬礦石	3.97	3.87
MO	中硬度礦石	3.62	3.66
SO	軟礦石	3.46	3.52
VSO	極軟礦石	3.52	3.75
HOC	含雜質硬礦石	-	3.76
MOC	含雜中硬度礦石	-	3.73
SOC	含雜質軟礦石	-	3.61
BRHM	角礫狀赤鐵礦	3.50	3.94
RLHM	赤鐵礦碎屑	3.77	3.96

表 3-12

Mineracoes Brasileiras Reunidas

Pico 礦區儲量審計

赤鐵礦的水分範圍和平均水分

礦石類型	樣本數量	水 分 %		
		平均值	最小值	最大值
硬礦石	1,099	3.30	0.10	15.80
中硬度礦石	2,073	5.56	0.50	24.50
軟礦石	1,900	6.17	0.70	25.30

3.9 礦產資源評估

3.9.1 簡介

PAH 對為 Pico 礦區建立的模型進行了審計檢查。由 MBR 的長期地質部門 (DEGL) 建立了地質模型和品位模型，在每個模型中採用類似的流程和軟件。MBR 認識到建模文檔和驗證的重要性，為建立並獲得高質量的集成系統做出了大量工作。PAH 認為這些至關重要，因為這是通過複雜軟件包中，進行一系列計算後，保證可以獲得有質量的數據的主要方法。

巴西鐵四邊形區域中的鐵礦床的特徵為品位穩定範圍達數公里。因此能對鐵礦床進行較少的鑽探工作。在 MBR 的礦山，露天礦中的探槽是鑽探的補充，可建立鑽孔之間的連續性，並確定局部地質變化，以便最大程度改善開採品位控制的決定。

通過鑽探和地表填圖所獲的信息，是建立所有模型的主要基礎。MBR 制定了用於對複雜岩性和儲量分級的建模流程和工具。PAH 認為 MBR 建立的模型合理且能準確反映各個礦床的岩性、品位和主要雜質。

由 DEGL 位於 Aguas Claras 的中央辦公室 (MBR 的主辦公室) 進行所有儲量評估工作。Pico 礦區的鑽探網格方向根據每個礦床的主要走向於 UTM 坐標網格呈不同夾角。一些礦床在各個勘探項目中對探坑 (或平硯) 進行了採樣。

MBR 向 PAH 提供了記錄計算機輔助地質及資源建模的內部工作流程的手冊。對每個礦區編制的手冊中，包含數據收集、QA/QC、數據庫管理、評估流程和資源量計算的校對方法等方面的詳細信息。

該手冊還介紹了礦床的大致位置、交通、基礎設施、區域和礦床地質情況以及採礦權和勘探歷史。還記錄了關於數據獲取、累積、組合和幾何支持的詳細信息。手冊描述了建立地質模型所需的步驟，包括關於地質控制、密度確定、地質統計學分析、粒度範圍調整、資源量評估流程、資源量置信度分級以及模型驗證等方面的標準。

MBR 的報告通過附錄中選取的一些數據解釋了評估方法的原理。編制報告、地圖和表格，特別是檢查建模過程每一步之間的結果，都是日常資源量評估工作的一部分。

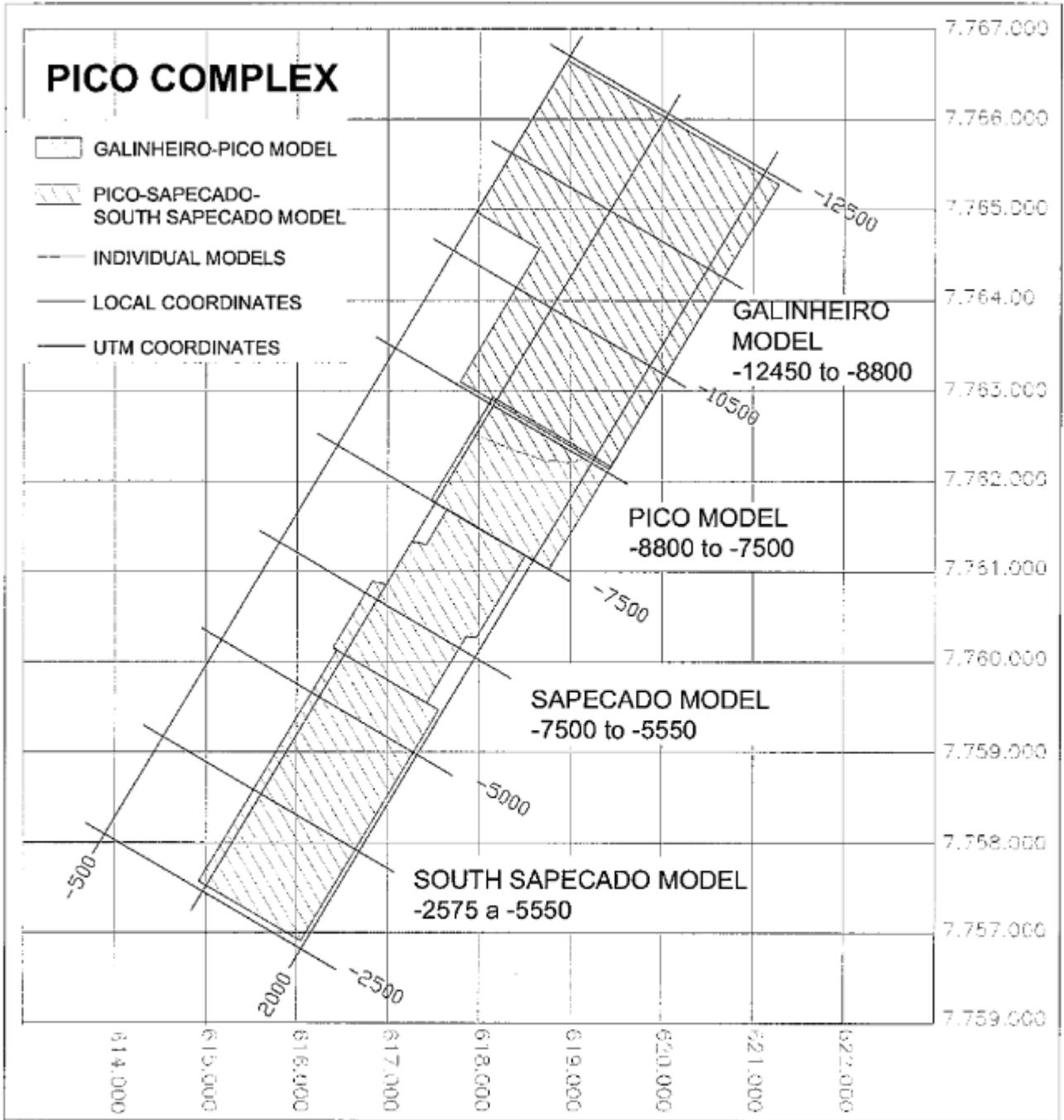
每份手冊及報告都附帶有一張 CD，其中有 PDF 版文檔、輸入/輸出數據、Datamine 軟件的宏文件和腳本文件。所有宏文件含有內部文檔和鑑定頭標註了修改和部門鑑定的日期。DEGL 人員制定了有序進行宏文件和腳本文件生成、測試、維護、和備份流程。正確獲得了最終文件和重要的中間文件。輸入和輸出參數包含在電子表格中，其出處在文檔中記錄。MBR 不僅採用了所需的計算機軟件系統，還培訓人員使用及集成這些計算機工具。

3.9.2 地質模型建立和方法

Galinheiro 和 Sapecado 礦床的勘探網格都為 200×100 米，圈定鐵英岩資源進行建模。之前在 Pico 和 Sapecado 礦區域進行的圈定赤鐵礦資源的 50×50 米網度鑽探被納入當前的建模工作中。儘管 Galinheiro 和 Sapecado 礦床進行的探槽採樣用於構建模型過程中的地質解釋，但并未納入作品位模型評估。圖 3-16 為四個礦床的計算機模型邊界。

根據對岩性指標進行克里格計算獲得的剖面，建立 Pico 和 Sapecado 礦床的地質模型。用線框實體建模方法建立廢石礦物三角面模型。MBR 為每個解釋地質剖面採用 50×10×10 米（代表 x,y,z）的快體尺寸建立了二維塊體岩性模型，該模型在 YZ 平面上，X 軸方向上只有一個塊體。

根據岩性指標克里格法確定的垂直剖面得出 10 米間隔的水平高度（代表開採台階高度）。MBR 建構及建立岩性指標變差圖，以發展出克里格參數，作為克里格化含鐵岩性的指標。同時，在資源量置信度分級的標準賦值中採用。給組合賦予一個變量，如果層段為含鐵岩性該值為 1，否則為 0。塊體的 LITO 值根據場指標最高值確定。採用該方法，是為了通過引入所有從鑽孔、探槽和採場地質填圖所獲的信息，將不同剖面間的岩性聯繫起來。



編製者 	PINCOCK 公司, allen & holt. 165 S. Union Boulevard, Suite 950. Lakewood, Colorado 80228. Phone (303) 986-6990.	圖片提供者/編製者 Minerações Brasileiras Reunidas	圖 3-16 SAPECADO 與 GALINHEIRO 電 腦模型限制	發出日期 2005年12月
項目編碼 34350	34350	項目名稱 Pico Complex Reserve Audit	圖片名稱 Fig3-16.cdr	

通過 10 米垂直分層地質解釋，建立三維地質模型。通過交叉檢驗鑽孔的剖面圖和平面圖建立三維模型，并于有需要時進行修改。由於地質情況是決定礦石和廢石分帶的主要控制因素，所以地質情況也決定了在品位建模中所賦予的品位和雜質值。MBR 採用較簡單的指示方法呈現出與解釋的剖面相同的岩性體積比例和邊界位置。

雖然 PAH 認為地質建模非常周到，但我們認為許多岩性代碼可以在品位建模和資源量/儲量報告中合併，以便將地質數據減少至可以管理的數量。我們認為合併岩性數據不會影響短期礦山規劃所需地質信息。詳細地質信息仍在保存在數據庫的框架內。

3.9.3 品位模型建立

只會採用樣本組合值等方或均衡的樣本數據；包括那些組合中具備所有粒度組分的數值。樣本被統一為 10 米長度的組合，代表 MBR 所有礦山的開採台階高度。長度小於 2.9 米的組合被排除。組合被賦予主要岩性的岩性代碼。

MBR 在所有礦床中採用同一塊體尺寸 10×10×10 米 (x, y, z)。MBR 曾對塊體尺寸進行了研究，評估誤差從而支持這種尺寸選擇。MBR 認為能用這種塊體尺寸建立地質模型，該尺寸與每個礦山選擇開採單元的尺寸吻合。

MBR 提供了報告並列出所有粒度組分所有化驗指標和雜質的單變量統計。這些報告內容廣泛，包括七種變量 (Al₂O₃、Fe、Mn、P、LOI、SiO₂ 和 W) 和七種粒度分數建模需要的資料。報告中詳細描述了 MBR 採用累計、低回收率樣本補償和密度計算。

MBR 採用品位累積計算不同粒度組分塊體的差異。在建模中，估計了粒度組分比例 (對於總樣本的百分數) 和每個粒度組分的累計化驗值。將化驗值乘以該粒度組分的相對比例準備數據，以獲得樣本總幾何支持：

$Z_c(i) = Z(i) \times W(i)$ 其中：

$Z_c(i)$ = 粒度組分 i 對應的累計品位

$Z(i)$ = 粒度組分 i 對應的原品位

$W(i)$ = 粒度組分 i (%)

這說明採用累計實現了統一的幾何支持。MBR 提高了累積變量中鐵含量的變化性；鐵含量累積是鐵含量補充值，相對於赤鐵礦最大含鐵量 70%：

$Z_c(i) = [70 - Z(i)] \times W(i)$ 其中：

$Z_c(i)$ = 對應於粒度組分 i 的累積補充品位

$Z(i)$ = 對應於粒度組分 i 的原補充品位

$W(i)$ = 粒度組分 i (%)

由於累積變量是另外兩個變量 $Z(i)$ 和 $W(i)$ 的乘積，每個變量的變化性都會影響累積結果的分佈。如果其中一個變量的變化系數明顯高於另一個，累積值的頻率分佈將於變化係數高的變量接近。變差圖中也觀察到類似的情況。

對累積建模是 MBR 和 CVRD 南部系統礦山的標準方法。PAH 認為根據不同粒度組分報告資源量的需要，這是一種合理的方法。MBR 在這項工作中採取了一種系統化、有序且詳細記錄的方法。

數據庫中保持了所有鑽孔層段的獲取率。小於 2.9 米的段被排除。MBR 假設鑽孔中損失了細粒部分，損失在液體和泥漿中。由於估計了累積值，MBR 通過將估計為沒獲取的部分按所佔比例分配給小於 6.3mm 的粒度組分，修正了可能的粒度偏差。每個粒度組分的品位未改變，但是樣本的總品位（原礦）由於回收率較低進行了一定補償。

PAH 認為基於建模粒度組分的重要性和所對應的值，這種方法比較合理。這是實現模型內粒度閉合的第一步，考慮了所有粒度組分，假設這些粒度組分之和為 100%。MBR 發現在 80 年代的鑽孔中，普遍出現岩心獲取率不理想的問題。MBR 目前採用直徑更大的岩心，岩心獲取率通常為 90% 以上。PAH 假設倘若出現任何偏差，將導致粗粒礦物被低估。

3.9.4 地質統計學分析

對每個粒度組分和組合總數值或全局分析值（原礦）組合累積值（品位和雜質）構建了變差圖。粒度閉合（各組分之和為 100%）且通過組合保持了對應於組分加權分析平均值的全局分析值。設定克里格參數時盡可能與模型塊體保持吻合。

在組合中只採用等方樣本（含所有組分的所有數值）。目的是保持塊體均衡。MBR 建立了用於根據岩性類型對礦床區域多變量半變差圖計算的平均模型參數。塊金效應和基底效應很少，但 MBR 採用了基底與組分方差和原礦方差關係成正比的方法。假設要求是對組分和其對應的品位和雜質進行建模並保持閉合和均衡，PAH 同意 MBR 所採用的這種方法。

雜質包括鋁、矽、磷和錳。PAH 同意 MBR 對每個礦床的每種雜質單獨建模的做法。

爲了適應樣本品位和粒度組分之間的關係，選擇協同克里格法作爲評估方法。對所有粒度組分採用一個單空間變量模型。通過以協同區域化線性模型等方法完成。在該協同區域化線性模型中，對應的粒度和尺寸的方向和剖面結構，在基本結構上爲線性。

雖然地質塊體模型採用 10 米立方體塊體，但由於鑽孔網度較大，品位塊體模型分別於 XYZ 方向採用 50×20×10 米塊體。樣本網格方向變化很小或沒有，與礦山網格平行，該網格與礦化趨勢主方向有所變化。協同克里格矩陣所允許的樣本最小數量爲 12 個，最大數量 32 個。

塊體須符合若干驗證標準，以保證塊體品位合格。如果塊體選擇標準不合格，或協同克里格樣本數據不夠，將採用距離幕次反比法（IDS）計算塊體值。如果沒有足夠數據進行距離幕次反比計算，將對該塊體賦予平均值。應當注意最後一組數值（塊體平均值）在地質模型最外圍數據較少的部分出現。

全局評估驗證包括比較樣本去集簇平均值和估計結果平均值。此外，還有根據總含量回收率的化學當量驗證。如果化學當量方程結果接近 100，則估計結果被認爲有效。MBR 提供的數據去集簇平均值和估計平均值基本吻合。化學當量方程結果也非常接近或等於 100。

PAH 還檢查了幾個橫剖面和水平剖面，其中標註了鑽孔樣本數據和最終塊體品位。PAH 進行了檢驗並發現塊體品位值與原樣本值非常吻合。

PAH 同意，協同克里格法是對品位和粒度組分進行插值的合理方法。盡可能保持閉合和均衡的所有組分估計數值合理且最大限度減少了為與模型塊體吻合所需的調整。

3.9.5 資源置信度分級

根據由岩性指標克里格值和該變量的克里格方差所確定的「風險指數」(DIST) 對資源進行分級。這種方法首先由 DEGL 人員於 1995 年提出，MBR 進行了深入的研究。

鐵品位不是確定塊體應歸為礦石還是廢石的主要因素。主要因素是該塊體是否在岩性解釋的礦石區內。礦石岩性中的鐵品位為一致和連續的。變差函數範圍很長。MBR 採用的方法將地質確定性納入 (1-IK) 變量，即一減去指標克里格結果或一減去塊體位於礦石區內的概率。克里格方差是「風險指數」的另一個因素。

MBR 將塊體根據風險指數 (IR) 分為測定資源量、指示資源量和推斷資源量，其分級指數分別為 $IR < 0.9$ ， $0.9 < IR < 1.3$ 及 $IR > 1.3$ 。風險指數的值為該點(1-IK, 變數 K/sill)至原點的距離。PAH 檢查了剖面和平面的置信度分級，認為對於所有模型都合理。

3.9.6 模型驗證與校正

PAH 對剖面和平面的塊體原礦 (全鐵) 品位與原鑽孔值進行了可視化對比。塊體品位投影與鑽孔周圍數據一致。還進行了岩性可視化檢驗，PAH 發現模型與岩性吻合較好。

MBR 建立了模型-礦山校正流程，並計劃在所有 MBR 礦山推廣。計算兩個面之間的體積，該體積表示大約一個月的產量。該模型相加將表示一年的產量。隨後對該模型所獲得的體積和品位與 MBR 生產控制系統的數據進行對比。

雖然沒有鐵英岩的校正結果數據，但 MBR 在 PAH 審查期間，提供其他 MBR 礦山的定性和定量赤鐵礦校正結果，顯示誤差小於 10%，大部分差異與生產進度的複雜性有關。PAH 認為鑒于物流複雜性，這是一個可以接受的校正誤差。相比于世界其他物流複雜性更低的礦山相比，也面對相約的校正誤差。

3.9.7 礦產資源量

根據上述討論和模型構建，MBR 已制定出每個礦山的估計礦產資源量，表 3-13 列出。估計礦產資源量是確定估計礦石儲量的基礎。

表 3.13
Mineracoes Brasileiras Reunidas
Pico 礦區儲量審計
礦產資源量

礦床	赤鐵礦					
	測定資源量		指示資源量		總資源量	
	(百萬公噸)	鐵 (%)	(百萬公噸)	鐵 (%)	(百萬公噸)	鐵 (%)
Sapecado	60.3	66.7	15.0	66.2	75.3	66.6
Galinheiro	10.4	66.3	2.6	66.5	13.0	66.3
Pica Monument	61.3	67.6	12.9	67.1	74.2	67.5
截至 2005 年 11 月總計	132.0	67.1	30.5	66.6	162.5	67.0
截至 2004 年 12 月 - Pico/Sapecado	111.4	67.0	20.9	66.4	132.3	66.9
共增加資源量	20.6	67.6	9.6	67.1	30.2	67.4
礦床	鐵英岩					
	測定資源量		指示資源量		總資源量	
	(百萬公噸)	鐵 (%)	(百萬公噸)	鐵 (%)	(百萬公噸)	鐵 (%)
Sapecado	189.2	51.2	212.3	51.1	401.5	51.1
Galinheiro	171.7	49.4	248.3	50.5	420.0	50.1
Pico Monument		26.5	50.5	40.4	49.9	66.9
截至 2005 年 11 月總計	387.4	50.4	501.0	50.7	888.4	50.6
截至 2004 年 12 月 - Pico/Sapecado	111.4	50.3	78.3	48.1	189.7	49.4
共增加資源量	276.0	50.4	422.7	51.2	698.7	50.9
礦床	總礦產資源量					
	測定資源量		指示資源量		總資源量	
	(百萬公噸)	鐵 (%)	(百萬公噸)	鐵 (%)	(百萬公噸)	鐵 (%)
Sapecado	249.5	54.9	227.3	52.1	476.8	53.6
Galinheiro	182.1	50.4	250.9	50.7	433.0	50.5
Pica Monument	87.8	62.4	53.3	54.1	141.1	59.3
截至 2005 年 11 月總計	519.4	54.6	531.5	51.6	1,050.9	53.1
截至 2004 年 12 月 - Pico/Sapecado	222.8	58.7	99.2	52.0	322.0	56.6
共增加資源量	296.6	51.6	432.3	51.5	728.9	51.6

注：1) 赤鐵礦邊界品位為 64%，鐵英岩邊界品位為 44% (Sapecado) 和 45% (Galinheiro)。

2) 報告為自然噸 (濕噸)，其中包含約 6% 的水分。

3) 推斷資源量不包括在上述估計。

4) 資源列表中沒有記述從 2005 年的生產減少的影響

4.0 開採

4.1 概述

Pico 礦區的開採目前在和 Gallinheiro·Pico 及 Sapecado 礦(參見圖 4-1)內的 Pico 礦區進行。較小的 Gallinheiro 礦位臨近 Pico 礦的北部，於 2005 年開始開採高品位赤鐵礦，將延伸進 Pico 礦的採場境界中並形成更大的 Gallinheiro 礦，可以同時開採赤鐵礦和鐵英岩礦石。同樣情況，目前正在運作的 Sapecado 礦緊鄰 Pico 礦位於其南緣 (Pico Monument 的另一側)，目前正在開採高品位赤鐵礦，將擴大成新的 Sapecado South 礦，開採赤鐵礦和鐵英岩礦石。

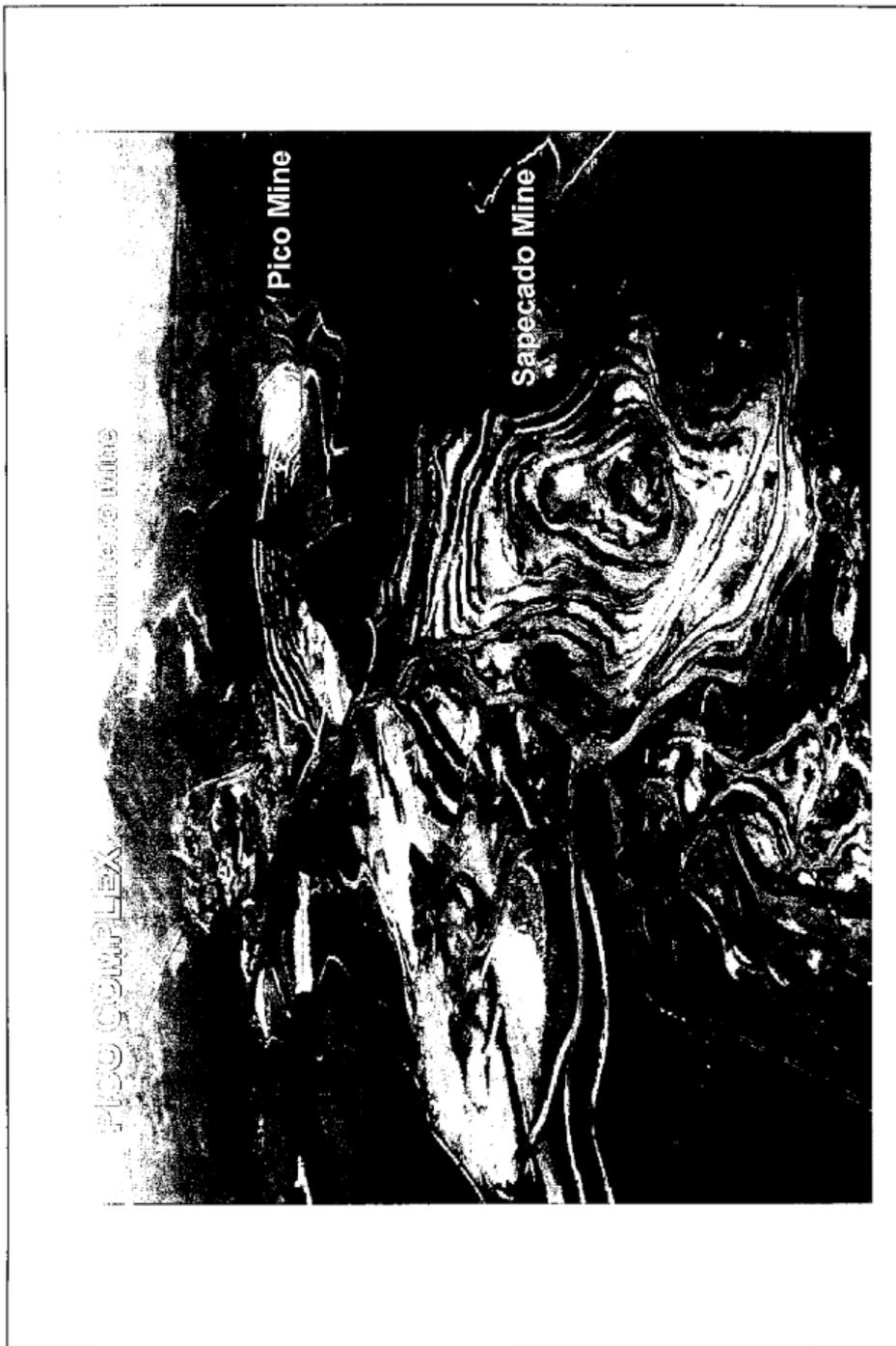
Pico 礦區的所有開採工程將通過高度分選的傳統露天開採方法開採，採用不同規格的鏟裝設備，從液壓挖掘機到 12 立方米斗容電鏟。礦場道路設計為可供 150 噸礦車雙向行駛的運輸道，坡度 8%。下部幾個台階的坡道變為 10%坡度的單車道。目前正計劃設立完整的排水和地質技術評估工作，正如目前的做法一樣，不間斷地進行監測。

Pico 礦區由於多個採場礦物需要根據礦石類型和所需的鐵礦石產品和質量規格送到不同選廠，也增加了礦山佈局的複雜性。雖然 MBR 進行了校正工作，錯綜複雜的物流系統使這項工作難以評估和管理。

4.2 採場優化設計

由 MBR 採用 Lerchs-Grossmann(LG)算法用 Datamine NPV Scheduler 設計了採場境界，根據 23-43 度不同的邊坡角獲得了多個採場境界殼體。根據優化淨現值和最小剝採比選擇了一個採場殼體，根據其設計了採場並完成了坡道系統。PAH 注意到由於 MBR 制定了記錄製度，製作了腳本和宏用以控制並自動進行 LG 計算。提供了每個礦的報告、數據電子表格和地圖，具體列出了所有經濟性和地質技術參數。在 LG 計算過程由相關個人或部門簽字驗收過程中，需要對其進行審閱。獲得了重要的中間文件和最終文件。系統性方法保證了每個礦山有可比性且準確的結果。

MBR 的鐵礦床密集且品位一致。在進行 LG 成本收益分析之前地質模型就確定了礦石和廢石的分界。地質礦石類型、礦物雜質和產品質量是界定礦石和廢石的主要標準，比邊界品位更重要，至少對於赤鐵礦是這樣。但是，對於鐵英岩的礦石經濟性邊界品位更重要，儘管產品類型和質量仍然是主要標準。



	PICO COMPLEX 34350	項目名稱 Pico Complex Reserve Audit	圖片詳情 Minerações Brasileiras Reunidas 項目名稱 Pico Complex Reserve Audit	圖片編號 ■ 4.1	發出日期 2005 年 12 月
項目名稱 Pico Complex Reserve Audit	PICO COMPLEX 34350	項目名稱 Pico Complex Reserve Audit	圖片詳情 Minerações Brasileiras Reunidas 項目名稱 Pico Complex Reserve Audit	圖片編號 ■ 4.1	發出日期 2005 年 12 月

PAH 同意 MBR 計算得出的鐵英岩 44 和 45% 的邊界品位（分別為 Sapecado 和 Galinheiro 礦床）。赤鐵礦和高品位鐵英岩的邊界品位分別定為 64% 和 52%。

根據每個礦山不同的經濟參數、預計選廠利用率和產品混合，計算塊體淨價值。只有被標為測定資源和指示資源的塊體才被認為是潛在收入塊體。表為推斷資源的塊體被暫時定義為廢石。詳細成本分析包括採礦、選礦、運輸（礦區內部運輸加上鐵路和港口費用）、雜項和管理、環境以及礦山壽命預計未來投資。塊體淨價值以 12% 折現率折現。

LG 採場生成流程的校正包括地質技術採場邊坡限制、附近的國家紀念碑、國家和地方公路、礦權區邊界以及地質限制。選定的 LG 選廠殼體用來作為設計進入採場運輸坡道的基礎，採場邊坡根據地質技術標準進行小修改。MBR 地質技術小組審查了設計採場，檢查邊坡標準並確定是否存在潛在破壞的邊坡區域。

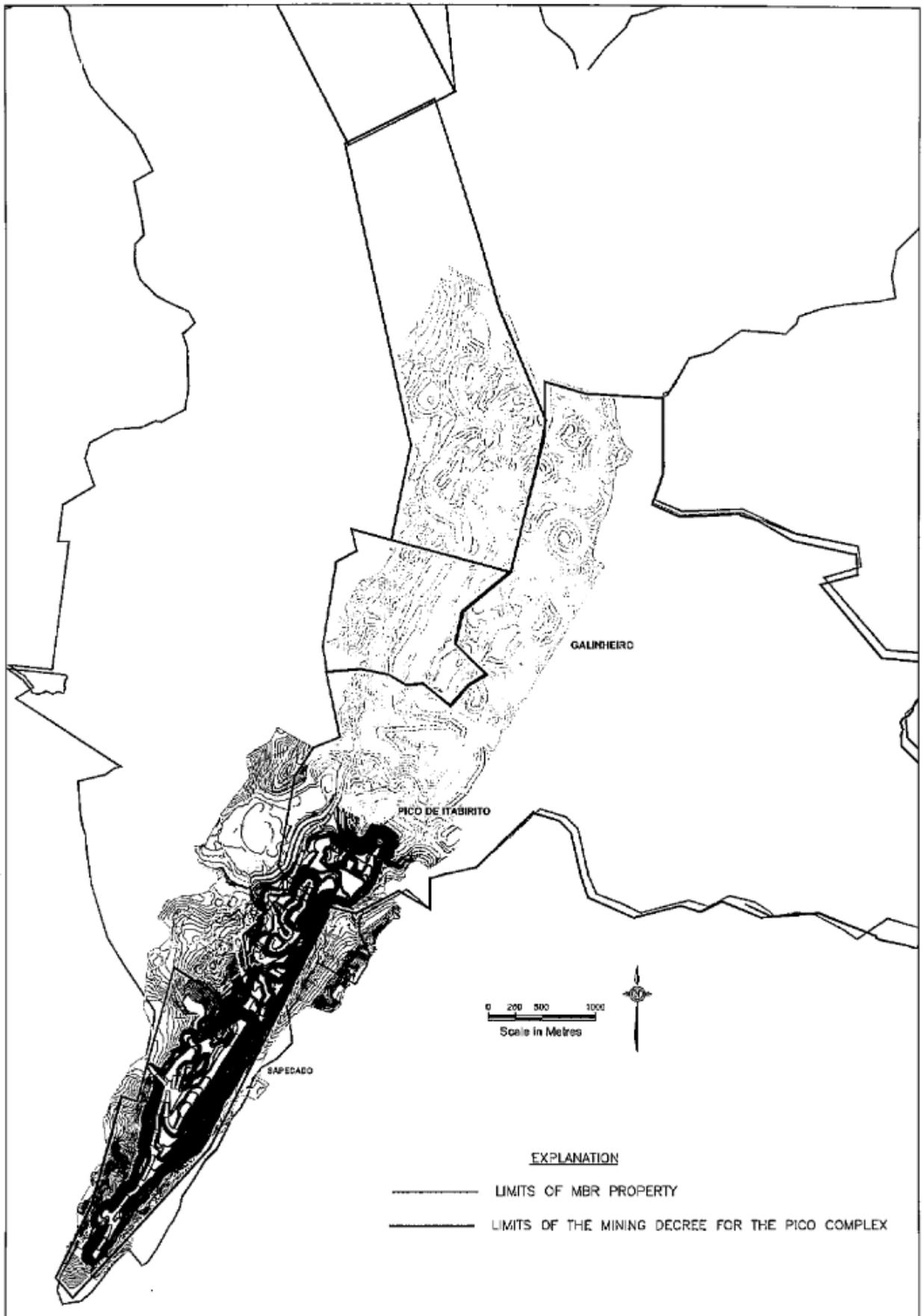
圖 4-2 顯示最終開採境界設計，包括坡道系統、邊坡分別對 Galinheiro 採場和 Sapecado 採場的限制。圖 4-3（現有 Pico 礦）表現了典型的台階參數、運輸道、設計約束和恢復植被等環境工作。PAH 審查了 MBR 所採用並記錄的礦山設計和採場設計流程，認為 MBR 的流程超過國際礦業行業規範的標準。

4.3 礦石儲量

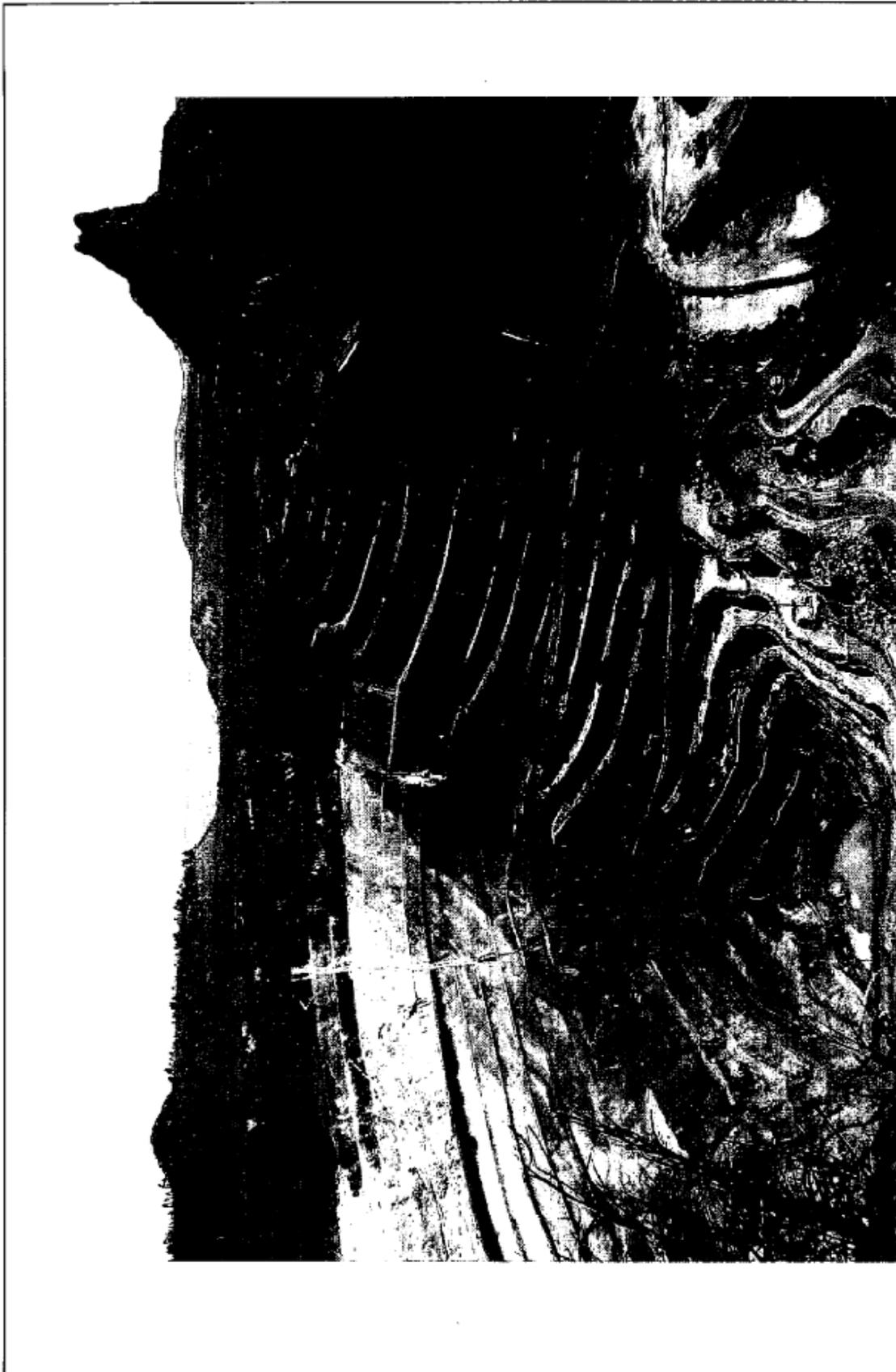
完成坡道系統的最終坑的設計，構成了每個礦山礦石儲量計算的基礎。表 4-1 列出了 Pico 礦區不同礦山的礦石儲量。以前報告的 Pico/Sapecado 礦儲量（60.2 百萬公噸為 63.1%Fe）經 PAH 於 2005 年 3 月審計，包括進了新報告的儲量報表。表 4-1 報告的儲量包括了開採的貧化和損失。新儲量報表中未扣除這些礦山 2005 年產量。

4.4 岩土工程坑，垃圾場和尾礦

MBR 有一個內部地質技術團隊，包括地質技術工程師、工程地質師、和水文地質師，負責調查、設計、監測所有礦山邊坡、廢石堆、尾礦庫、水和沉積庫。此外，MBR 還聘請外部顧問進行工程項目，以及對所有壩、排廢場和採場邊坡進行第三方技術評審。儘管 PAH 項目組在實地進行審計，同時有一組國際地質技術顧問正在對礦山邊坡和廢石排土堆設計進行審查。該團隊已經在幾年前完成該項審查。



編製者 	PINCOCK 公司, allen & holt. 165 S. Union Boulevard, Suite 050. Lakewood, Colorado 80226. Phone (303) 986-6950.	圖片提供者 / 編製者 Minerações Brasileiras Reunidas	圖 4-2	發出日期 2006年1月
項目編號 34350	項目名稱 Pico Complex Reserve Audit	GALINHEIRO 與 SEPECADO 最 終坑	圖片名稱 Fig4-2.dwg	



編製者 	PINCOCK 公司, Allen & Holt 165 S. Utah Boulevard, Suite 900 Lake wood, Colorado 80226 Phone (303) 986-6950	圖片描述者 / 編製者 Minerações Brasileiras Reunidas 項目名稱	圖 4-3 現有 PICO 礦	發出日期 2006 年 1 月 圖片名稱 Fig4-3.cdr
項目號碼 3-4350	Pico Complex Reserve Audit			

表 4-1
Mineracoes Brasileiras Reunidas
Pico 礦區儲量審計
礦石儲量報表

礦山	赤鐵礦							
	證實儲量		可能儲量		總礦石儲量			
	百萬公噸	鐵 (%)	百萬公噸	鐵 (%)	百萬公噸	鐵 (%)		
Sapecado	31.7	66.1	7.7	65.6	39.4	66.0		
Galinheiro	23.1	66.8	4.1	66.4	27.2	66.7		
截至 2005 年 11 月總計	54.8	66.4	11.8	65.9	66.6	66.3		
截至 2004 年 12 月 - Pico / Sapecadc	30.6	66.6	4.2	66.2	34.8	66.6		
增加儲量總計	24.2	66.1	7.6	65.7	31.8	66.0		
礦山	鐵英岩							
	證實儲量		可能儲量		總礦石儲量			
	百萬公噸	鐵 (%)	百萬公噸	鐵 (%)	百萬公噸	鐵 (%)		
Sapecado	161.5	54.0	140.9	52.6	302.4	53.3		
Galinheiro	150.7	54.5	175.9	53.4	326.6	53.9		
截至 2005 年 11 月總計	312.2	54.2	316.8	53.0	629.0	53.6		
截至 2004 年 12 月 - Pico/Sapecadc	19.1	58.4	6.3	58.2	25.4	58.4		
增加儲量總計	293.1	54.0	310.5	52.9	603.6	53.4		
礦山	證實儲量		可能儲量		總礦石儲量		廢石	總計
	百萬公噸	鐵 (%)	百萬公噸	鐵 (%)	百萬公噸	鐵 (%)	百萬公噸	百萬公噸
	Sapecado	193.2	56.0	148.6	53.3	341.8	54.8	162.6
Galinheiro	173.8	56.1	180.0	53.7	353.8	54.9	363.1	716.9
截至 2005 年 11 月總計	367.0	56.1	328.6	53.5	695.6	54.9	525.7	1,221.3
截至 2004 年 12 月 - Pico/Sapecadc	49.7	63.4	10.5	61.4	60.2	63.1	66.9	127.1
增加儲量總計	317.3	54.9	318.1	53.2	635.4	54.1	458.8	1,094.2

注：1) 赤鐵礦邊界品位為 64%，鐵英岩邊界品位為 44% (Sapecado) 及 45% (Galinheiro)。

2) 噸位基於自然噸 (濕噸)，其中包含了 6 個百分點的水分。

3) 儲量列表沒有受 2005 年生產減少造成影響。

採場邊坡進行的地質技術工程工作與勘探地質工作及採場設計工作相結合。分階段進行採場邊坡設計，根據長期開採設計人員指定的優化採場設計，結合地質技術穩定性和開採實際情況進行。所有採場根據 1.3 的目標安全參數設計。

目前 Sapecado 和 Galinheiro 採場的設計根據由地質技術條件所決定的部分採場。坡道邊坡角為 23-43 度，台階坡面角為 27-70 度。除了 Sapecado 採場的一部分將保持 10 米台階寬度，台階寬度一般為 7 米。

地表水是影響邊坡穩定性的關鍵因素。採取的排水措施包括水平排水，深排水井以及採場中水池。

設計新排土場主要需要注意基礎排水，以控制排土場中水量，保證排土場中物質和基土的穩定性，以及通過控制地表水達到控制地表水侵蝕和滲透的目的。對每個新排土場地區都進行了地質技術工作，並進行了專門設計。根據鐵四邊形地區公認規範進行排土場設計，使排土場的最終幾何形狀可以進行復墾並保證了礦山運營中和復墾後地質邊坡穩定性。排土場台階高度不高於 20 米，每個邊坡角為 26 度，最小台階寬度為 8 米。整體邊坡角約為 23 度。

4.5 礦山規劃

MBR 將礦山規劃分為長期和短期。長期規劃制定礦山壽命中每年的開採計劃。每年進行全壽命採場設計和生產進度以確定有考慮當前的業內情況並對產品作出必要的調整。規劃小組需要考慮一些關鍵因素，例如開採貧化率、選礦損失率、礦山經濟性以及規劃工作校正。

短期規劃包括一年中每週的生產規劃，與長期規劃小組緊密結合。短期規劃考慮與長期規劃相同的參數，此外還需考慮設備可用率。兩個規劃小組的工作都圍繞長期規劃小組建立的相同的塊體模型，包括地質和品位模型。

由於規劃工程很周全，能根據市場需求變化實現預期生產計劃，所以 PAH 認可這些工作。

4.6 礦山調度

根據新選廠 (ITM1) 所需的礦石原料，將兩個採場的礦石進行調度。需要礦山每年開採 1600 萬公噸原礦供應選廠每年生產 1000 萬公噸鐵礦石產品。選廠原料預期配比包括 70% 含矽鐵英岩 (SIB)、10% 高品位鐵英岩 (RSIB 和 RIB) 以及最高 20% 的褐鐵礦鐵英岩 (IBLI)。餘下的礦石 (赤鐵礦) 繼續供應至已有的 ITM D 選廠。送到兩個選廠原礦的總體配比为 56% 來自 Galinheiro 礦，44% 來自 Sapecado 礦。

在 MBR 礦山調度是一個持續進行的規劃過程，需要礦山規劃小組採用並考慮從每天採礦活動中獲得的新信息。這種方法使 Pico 礦區能將含雜質礦石配礦 (例如鐵角礫岩和中硬度鐵英岩 MIB) 加入及混合，提高資源回收率。否則，這些物料將變成廢料。

4.7 採礦工程

Pico 礦區的所有採礦工程都採用高度分選的傳統露天開採方法開採，採用不同規格的鏟裝設備，從液壓挖掘機到 12 立方米斗容電鏟。採場坡道設計為可供 150 噸礦車雙向行駛的運輸道，坡度 8%。下部幾個台階的坡道變為 10% 坡度的單車道。所有主要採礦設備將通過全球零件配送系統優化設備作業保證設備可用率。

目前正計劃設立完整的排水和地質技術評估工作，正如目前的做法一樣，不間斷地進行監測。

採礦工作包括鑽孔、爆破、鏟裝和運輸工作，6 小時一班，每天四班，每週工作七天，每年 52 週，需要五個工作班組輪班工作。鑽孔採用 6 英寸牙輪鑽砲孔鑽機。爆破採用鉍油炸藥，在潮濕或其他特殊條件下採用乳化炸藥。

雖然礦山規劃時計劃以大型礦山設備為主，但 MBR 礦山規劃小組在考慮在目前工作中同時採用大型設備和較小的設備，這樣可以根據地質情況和預計產品需要，在短期規劃中選擇性開採。礦山運營成本主要反映大型設備。但是採用大小混合設備所導致的運營成本略微上升與項目經濟敏感度關係不明顯。

設計時將廢石堆場安排在採場臨近區域，縮短運距，在礦山壽命中堆場能容納約 4.6 億公噸廢石。廢石堆場設計台階高度 20 米，台階寬 10 米，邊坡角 27 度。PAH 認為廢石堆場參數顯示設計容量足夠大，是目前開採中使用的設計。

由於採用現有的礦山設備，所以沒設計礦山設備的資本支出。雖然現金流評估中沒包括設備資本，但在採場優化（利益功能）中已考慮了礦山設備資本作為投資成本。

5.0 選礦

由於 MBR 的赤鐵礦儲量逐漸下降，令需要 MBR 改變產品組合，將更多的鐵英岩資源送到選廠。因此 MBR 的長期規劃包括評估及實行各種另類做法，以開發處理這些低品位鐵英岩為國內外市場生產高質量產品的可行性。

目前的長期規劃包括建設一座 1000 萬公噸/年選礦廠，專門處理低品位鐵英岩生產燒結粉礦（SF）和球團粉礦（PFF）。該規劃還包括一條 4.5 公里長的礦漿管道，將新生產出的球團粉礦送至新的年產 700 萬公噸球團廠。該規劃的其他特點包括對現有的選廠持續進行升級，使其能處理同樣的低品位鐵英岩。計劃在不久的將來建設第二間 700 萬公噸球團廠。此外長期規劃包括興建新的鐵英岩選廠。

由於以往沒有對低品位鐵英岩進行大量開採和選礦，MBR 需要進行研究選礦步驟和生產高質量燒結料和球團料所需的條件。這需要對鐵英岩資源增加鑽探、研究特徵並進行試驗，確定儲量並設計所需的選礦流程和選廠以生產粉鐵礦和球團產品。

5.1 選礦歷史與現狀

MBR 在 60 年代開始進行鐵礦石選礦，從最初簡單的破碎和乾篩，到生產非常高品位的塊狀赤鐵礦到生產塊礦和燒結礦產品，其中一些目前仍在生產。當採用濕法選礦，選礦變得更精密，不僅能處理高品位赤鐵礦，也能處理高品位脆性鐵英岩。不會處理低品位鐵英岩和其他含鐵礦物，而是從採場運出，大部分情況下單獨堆存，以供未來利用。這導致了現在的情況，需要對餘下的低品位資源量進行研究，轉化為儲量並生產高品位銷售產品。

第一項研究始於 2002 年，針對 Pico 礦區各礦的資源量和儲量。最初的研究關於確定能否將現有選廠和選礦流水線進行適當改造可處理低品位鐵英岩，或是需要建設新選廠和新流水線。當時沒考慮建設新球團廠。通過研究發現 MBR 現有的選礦流水線不能滿足低品位礦石的選礦需求，需要建設新選廠和新流水線。隨後球團廠被納入長期規劃。因此還需要深入研究採用浮選工藝生產滿足高爐和直接還原球團要求的高質量粉礦。

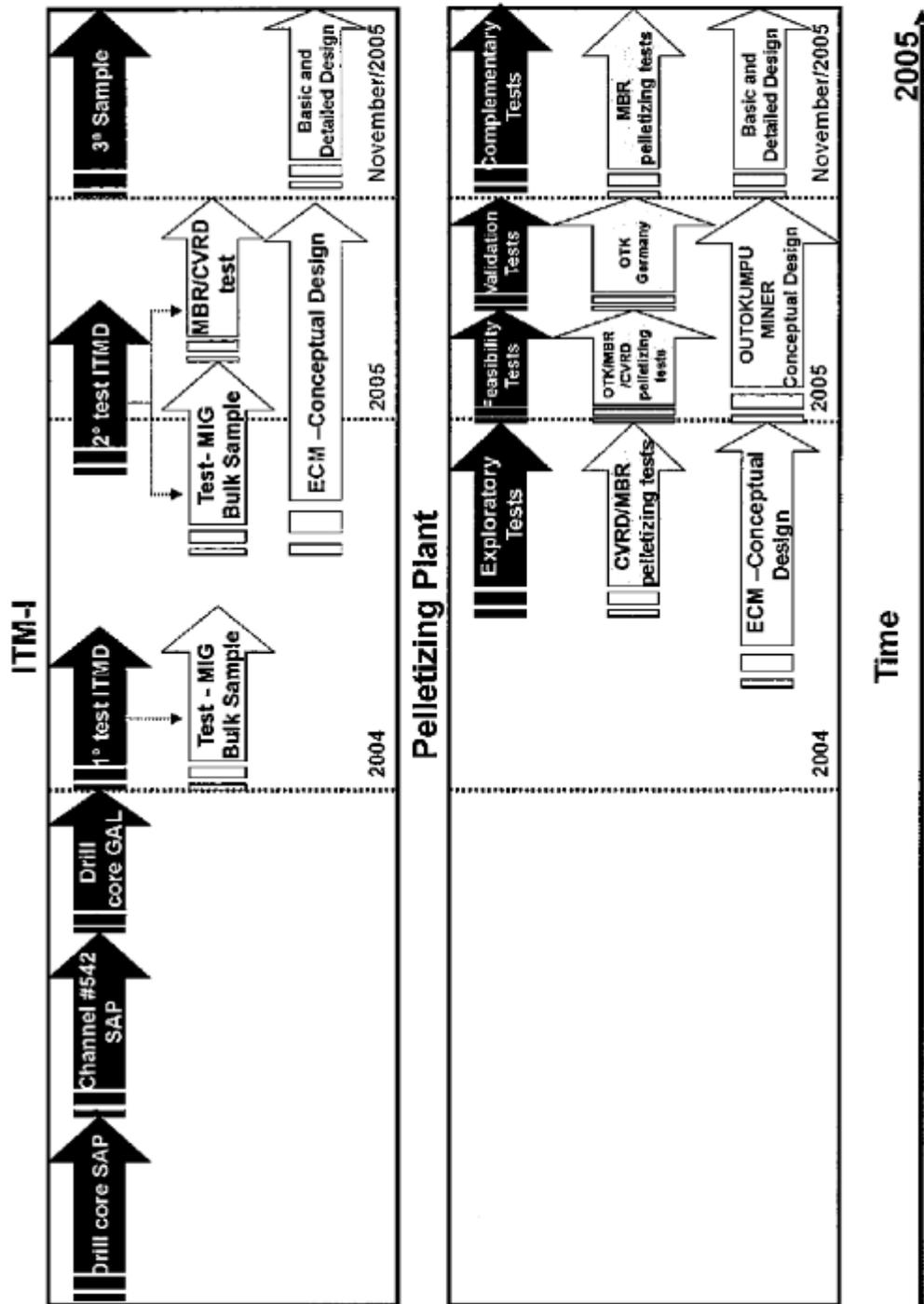
在 Pico 和 Galinheiro 採場開採面，從岩心和大塊採集的代表性樣本用於評估和實驗。較大的樣本在 Pico D 選廠進行全尺寸迴路試驗，在位於 Miguelao 的 MBR 技術研究中心的實驗選廠進行了試驗。較小的樣本由研究中心進行全面的描述、並進行化學、冶金學和粒度特性分析。又由附近位於米納斯吉拉斯州的 Itabira 和 Alegria 的 CVRD 研究單位進行了進一步試驗。圖 5-1 為分若干階段進行的試驗。由 CVRD 位於 Vitoria 的試驗廠和位於德國的 Outokumpu 進行了進一步的球團燒結試驗。根據這些試驗結果，進行了新的 ITM I 選廠和新的 700 萬公噸球團廠的概念設計。

5.2 建議工藝流程

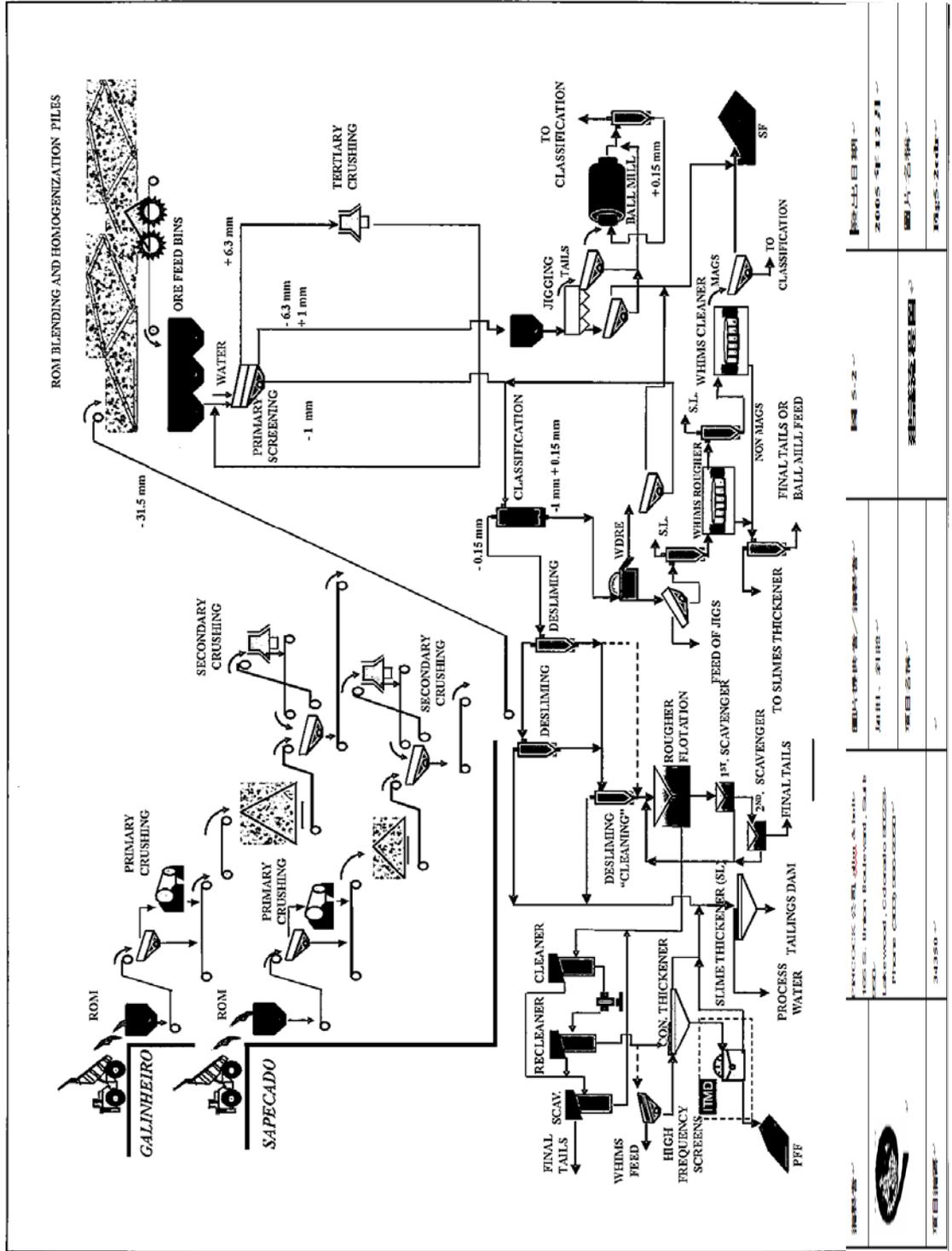
5.2.1 選礦

為 Pico ITM I 選廠建議的選礦流程（圖 5-2）中包括幾個順序的選礦步驟，MBR 還沒採用該流程，如高強度磁選、剛性三級脫泥、機械浮選和細粒篩分。這些步驟都是眾所周知，已經在世界各地廣泛應用，只是 MBR 之前沒採用過。ITM I 選廠將裝有兩條選礦生產線，各自產能 500 萬公噸/年。每年處理 1600 萬公噸低品位鐵英岩，生產 1000 萬公噸鐵精粉，一半球團料，一半為燒結料。建議的選礦流程已經證明具有生產高質量鐵精粉的能力，且整體回收率和鐵回收率較高。燒結料和球團料含 SiO₂ 3.5-4%，直接還原球團為 0.9%，高爐球團 1.8%。MBR 鐵英岩特別的多孔狀結構使其適合生產球團料和燒結料產品。較高的孔隙度通過促進高爐中鐵形成並促進海綿鐵生產，改善了冶金特性。MBR 產品屬國際市場上最高品質的鐵礦石。

提議的流程目前對選廠混礦原料中的加入從礦區產的褐鐵礦的數量有所限制。褐鐵礦含有較大量的氧化鋁，不容易去除，會影響選礦並影響產品質量。目前對褐鐵礦 20%的限制比儲量中 25%的比例低。因此這說明 MBR 需要制定更先進的選礦工藝將富餘的褐鐵礦按礦石利用，而不是像廢石堆存。PAH 建議 MBR 研究使用化學分散劑，有可能將更多的鋁從稀泥中排出，從而能利用更多的褐鐵礦。



編製者  項目編號 34350	PRCOCC K 公司, s.lba. & ho.lt 165 S. Utah Boulevard, Suite 950 Lakewood, Colorado 80228 Phone (303) 936-6950		圖片提供者/編製者 Minerações Brasileiras Reunidas 項目名稱 Pico Complex Reserve Audit	圖 5-1 程序測試階段	發出日期 2005 年 12 月 圖片名稱 Fig5-1.cdr
---	---	--	--	-----------------	---



5.2.2 球團燒結

設計的建議球團廠流程（圖 5-3）和球團廠概念設計代表了 MBR 部分最近的研究活動。在長期規劃中決定建設球團廠時，該活動的步伐加快。

從較大型的 Pico D 及實驗選廠試驗中獲得了實驗室研究用的球團料樣本。這些樣本都曾在 CVRD 在 Vitoria 的實驗選廠和篩爐實驗室進行試驗設施，以及位於德國法蘭克福的 Outokumpu 技術實驗室進行評估和測試。在真空過濾步驟中遇到了一些困難，也令人擔心，在全面運作的廠房內，由於球團料水分會出現變化，將對處理能力、產量和最終球團質量造成負面影響。PAH 建議 MBR 對採用其他鐵礦石選廠和球團廠獲得良好效果的化學藥劑脫水（表面活性劑）進行研究。否則這些試驗所生產的球團將超過所有物理、化學和冶金質量要求，如表 5-1 所示。根據這些試驗進行的流水線和流程設計用於生產高爐球團和直接還原球團。球團廠設計產能為 700 萬公噸/年，是主要根據 CVRD 最近所設計的位於 Vitoria 的選廠 700 萬公噸/年的 Outokumpu 為基礎。

表 5-1
Mineracoes Brasileiras Reunidas
Pico 礦區儲量審計
球團燒結試驗 結果匯總

	Vargem 2 / 3 Pico,		
	Pico	Grande	1 / 3 VGR
壓縮強度 (dN/球團)	454	434	429
磨損<0.5 毫米 (%)	3.6	3.3	3.5
滾筒指數> 6.3 毫米 (%)	95.8	96.0	95.9
LTD (低溫分解)			
>6.3 毫米 (%)	91.2	89.0	86.4
<3.5 毫米 (%)	4.8	5.0	6.7
<0.5 毫米 (%)	4.1	3.9	5.1
RDI (還原率)			
> 6.3 毫米 (%)	98.6	99.0	97.5
<2.8 毫米 (%)	1.2	0.9	2.1
爐篦參數 ($t/m^2 d$)	29.9	29.0	30.3

5.3 建議設施

鐵英岩項目建議建設的設施包括一座 1000 萬公噸/年選廠 (ITM I)，一條 4.5 公里長礦漿管道和一座 700 萬公噸/年球團廠。圖 5-4 表示了這些設施的位置。選廠位於臨近現有 Pico ITM D 選廠的 Itabirito 市。礦漿管道將球團料礦漿從 Pico 礦區向北輸送至靠近已有的 Vargem Grande 選廠位於 Nova Lima 市新球團廠的位置。選廠生產的最終燒結料和球團產品將由現有的皮帶運輸系統運至 Andaime 鐵路貨場，進行堆廠混合、裝車並運至 Guaiba 港。新建議的設施將裝備最新式的監測和控制系統，採用自動採樣設備、粒度分析儀、影像分析儀以及可編程邏輯控制器。選廠還採用最新技術進行環境控制。

該選廠將接受 Sepacado 礦和 Galinheiro 礦區經在礦區進行初步破碎和堆混的礦石。在新 ITM I 選廠，礦石將被二次破碎，儲存於兩個 216,000 噸均勻礦堆。從均勻礦堆取出的礦石經篩分，大粒進入三級破碎。破碎和過篩礦石進行跳汰和磁選，生產兩種精粉產品，將混入燒結料產品。這兩步驟的尾礦被收集，在球磨機中研磨至更細粒度以分離矽質以便在浮選中去除。研磨產物在浮選之前將經過三階段的剛性脫泥。浮選系統包括機械浮選和浮選柱浮選，採用化學試劑去除矽質。採用的試劑不會污染環境，廣泛應用與其他鐵礦石浮選廠，包括澱粉、苛性鈉和胺。這些實際都在現場儲存製備。浮選精礦在泵至球團廠之前經篩分和濃密。精粉礦漿管道由四級泵系統泵入礦料，進入 12 英寸直徑橡膠襯裡鋼管。脫泥和浮選的尾礦廢物將收集起來進入濃密機處理用凝絮劑處理回收水。濃密尾礦漿排入廢物儲存區以進一步處理。

球團廠將接受從 Pico 和 VGR 礦區來的礦漿，在進入研磨機之前儲存於 4 個混合槽中。經研磨的細礦漿經真空盤狀過濾機過濾進入球團盤生成生球團（濕的）。也廣泛用於其他球團廠的添加劑包括：膨潤土、石灰石、白雲石和無菸煤，都在單獨設備中研磨製備。在進入硬化爐之前生球團經滾筒篩篩分。硬化爐中生球團被逐漸加熱烘乾自由水，然後消耗掉灼燒損失物質，最後在最終冷卻前加熱使球團硬化。真個熱處理循環需要嚴密控制，以保證球團達到最佳物理和冶金質量。冷卻球團被篩分運至儲存堆進行混合並運至鐵路貨場。

5.4 選廠建設 - 成本，進度和啓動

執行該項目所需的投資總計為 7.59 億美元，包括選廠、礦漿管道和球團廠。表 5-2 列出了每個廠區的主要投資摘要。

投資估計根據地區和功能詳細列出，且有大量文件支持。PAH 認為根據項目團隊在巴西其他項目的經驗，其中包括了應對估計不準確和意外事件的足量額外資金。

表 5.2

Mineracoes Brasileiras Reunidas

Pico 礦區儲量審計

資本投資（千美元）

項目	描述	ITM-I	管道	PEL 1	總項目
1	土方/基礎設施	12,000.00	79.65	3,995.30	16,074.95
2	混凝土	32,400.00	478.37	14,766.40	47,644.77
3	附屬建築物	1,300.00	127.27	3,115.30	4,542.57
4	其他土木工程	1,000.00	4.82	2,163.10	3,167.92
5	金屬結構	17,000.00	336.50	43,517.10	60,853.60
6.	機械設備	82,200.00	1,682.28	128,212.30	212,094.58
7	鈹金作業	7,500.00	2,602.30	38,882.30	48,984.60
8	管道	8,300.00	1,949.55	5,525.30	15,774.85
9	電氣設備	9,700.00	362.68	29,785.60	39,848.28
10	電氣材料	6,000.00	117.00	4,697.70	10,814.70
11	儀器儀表和自動化	9,600.00	950.45	11,997.70	22,548.15
12	安裝	27,800.00	3,809.13	49,759.40	81,368.53
13	備件	2,400.00	0.00	11,899.70	14,299.70
14	運輸及保險	2,200.00	0.00	7,214.80	9,414.80
15	補償措施	2,500.00	0.00	0.00	2,500.00
16	工程	6,700.00	0.00	24,899.50	31,599.50
17	管理	11,000.00	0.00	19,066.80	30,066.80
	總計	239,600.00	12,500.00	399,498.30	651,598.30
18	不準確冗餘資金	23,700.00	1,250.00	29,977.60	54,927.60
	總計（為包括意外事件）	263,300.00	13,750.00	429,475.90	706,525.90
19	意外事件	18,400.00	1,250.00	32,024.30	51,674.30
	項目總計（包括意外事件）	281,700.00	15,000.00	461,500.20	758,200.20

施工進度包括 24.5 個月的 ITM I 廠設計和安裝，31 個月的球團廠工期，兩項工程都於 2005 年 12 月 30 日獲得項目安裝許可證時開始啓動。這意味著選礦廠將於 2008 年 1 月 15 日投產，經 11.5 個月試運行將於 2009 年達到設計產能。球團廠將於 2008 年 8 月 1 日投產，經 17 個月試運行於 2010 年達到設計產能。PAH 認為球團廠比選礦廠達產週期長 5.5 個月比較合理，這是因為 MBR 此前沒有建設、啓動並運營球團廠的經驗。

根據其他近期啓動的選廠的經驗，PAH 認為建設和啓動進度週期合理。但是有些問題可能會影響或延誤進度週期，包括：

- 1) 特定型號進口選礦機械交貨延期。
- 2) 由於巴西其他在建項目，使建築材料短缺。
- 3) 由於巴西其他在建的工業建設項目使技術工人短缺。
- 4) 缺乏有經驗的球團廠技術人員和經營人員滿足巴西已公布的球團廠興建計劃（4 項）的人手需要。由於 MBR 之前從未經營過球團廠，而且該項目是已公布項目中最後一個，MBR 要選取有經驗人手時的選擇不多。因此 MBR 需要積極招募有經驗的人員或進行全面的內部培訓，這項工作應與建設同步進行，以保證這些人員已經得到足夠的培訓，在工廠投產前已經準備就緒。

5.5 配套設施

Pico 礦區的中央化學實驗室和位於 Miguelao 的技術研究站都為項目開發提供了重要支持。化學實驗室提供了所有地質鑽孔和大塊原礦樣本的化學分析，實驗室和試驗選廠試驗以及選礦樣本，全尺寸選礦試驗樣本，以及試驗所獲的所有最終產品。化學實驗室有嚴格的設備校準規程，定期採用標準樣本檢查各種分析設備和分析方法的精度。化學實驗室還與其國家鐵礦石化驗實驗室進行交叉檢驗，並在這些實驗室中達到較高的分析精度排名。

位於 Miguelao 的研究站是設備精良的研究實驗室和實驗選廠。其人員成功分析低品位鐵英岩特性並設計了專門的步驟和整體選礦流程以提升鐵英岩品位。他們還通過實驗室和實驗選廠流程模擬實驗成功的驗證了這些選礦工藝，獲得較高的整體回收率和鐵回收率。

PAH 認為兩個實驗室所做的工作及服務值得信賴，且質量較高，在世界上其他類似的鐵礦石化驗研究實驗室中也屬佼佼者。

制定了正確的處理方案可以處理更多褐鐵礦礦石。燒損物含量較高需要更慢更緩的加熱過程。因此安裝的烘乾爐需要有冗餘產能，以應對可能更高的燒損物含量。

4) 由於巴西目前有三個已公布的新的的大型球團廠項目，**MBR** 將面臨缺乏有經驗的技術人員和操作人員的困難。由於 **MBR** 沒有設計、安裝、啓動、運營球團廠的經驗，因此 **MBR** 需要積極招募有經驗的人員或進行全面的培訓。培訓工作盡快展開，與項目設計安裝同步進行。這將保證人員不僅能熟悉選廠和設備，同時也接受過相應培訓可承擔選廠運營工作。

7.2.2 環境許可證

Pico 礦區的擴展計劃需要得到 COPAM 授予兩項環境許可及 FEAM 完成的功能技術審查。FEAM 將審查 MBR 提交的資料，並諮詢 IGAM 和 IEF 的意見。

第一項審查與 MBR 新球團廠有關，由於共享同一塊場地和一些設施，該球團廠作為已有的 Vargem Grande 礦區選廠的擴建項目需要獲得審批。這需要於 2005 年 9 月 1 日向 FEAM 呈交環境管理方案。環境管理方案包括新球團廠建設和運營對環境可能造成的影響，並討論球團廠設計中採用的環境保護措施以及在運營期間所採用的減少對環境造成影響的環境管理流程。已知的主要潛在影響為 Pico 礦區持續運營空氣排放（負面影響）和社會經濟影響（正面影響），該礦區依賴球團廠以保證 Pico 礦區經濟運營。環境管理方案所介紹的影響分析說明球團廠能達到監督要求。由於作為 Vargem Grande 選廠擴建計劃的球團廠已經獲批准，所以安裝許可證的批准只需 FEAM 進行管理審查。這項工作正在進行中，MBR 項目將於 2006 年初完成並獲得審批。PAH 不認為審批工作是該項目的難點。

Sapicado 和 Galinheiro 採場的擴展規模、新礦石堆場、新廢石排土場、和建設新選廠以及附屬通向球團廠的管道，遠離其他加工設施等因素，都被視為有足夠明顯的需要向 COPAM 申請新的環境許可證。這將導致整個審批過程，較球團場的更為複雜，也需要花費更多時間。這項許可會分三階段授予，第一階段為授予準備工作許可證，如前文所述。之後為在呈交詳細設計文檔之後授予安裝許可證，當安裝設備開始運行並證明符合環境標準使，授予運營許可證。

準備許可證的許可證涉及關於 MBR 所呈交的環境文件，根據 IGAM 和 IEF 的意見，FEAM 的審查和交給 COPAM 的意見。COPAM 隨後將召開公共會議，根據審查和公共評價反映，決定是否應當批准該項目。

MBR 為擴建計劃準備了一份全面的環境影響評估（EIA）和環境影響報告（REI）。EIA 對基本環境情況進行了全面回顧，分析了提議項目的影響，評估了提議項目的選擇方案（包括不執行該方案）以及分析了各種緩解措施對滿足環境保護標準和控制影響的有效性。REI 對 EIA 進行了總結，以適合公共審查的方式總結了 EIA 的主要內容。這些文檔於 2005 年 9 月 8 日呈交給相關機構開始審查流程。

在實地調查期間，於 2005 年 11 月 10 日與 FEAM 工業和礦業指導處金屬礦產開發部門負責人 Barbara Valdao Torres 女士進行了會談。根據會談，PAH 認為 EIA/REI 的審查工作剛剛開始。第一次公共會議定於 2005 年 12 月 14 日於臨近礦區的 Itabirito 社區舉行。在公共會議和接受意見和問題之後，FEAM 將對項目進行技術審查。FEAM 稱將在審查完成前於三月或四月將編寫提交給 COPAM 礦業部門的意見。該項目將最初由 FEAM 審查，IGAM、IGAM 和 IEF 也將一同審查項目，並向 COPAM 提交一份聯合意見。該流程將於 2005 年第二季度中期至末期批准礦山擴大和選廠項目。

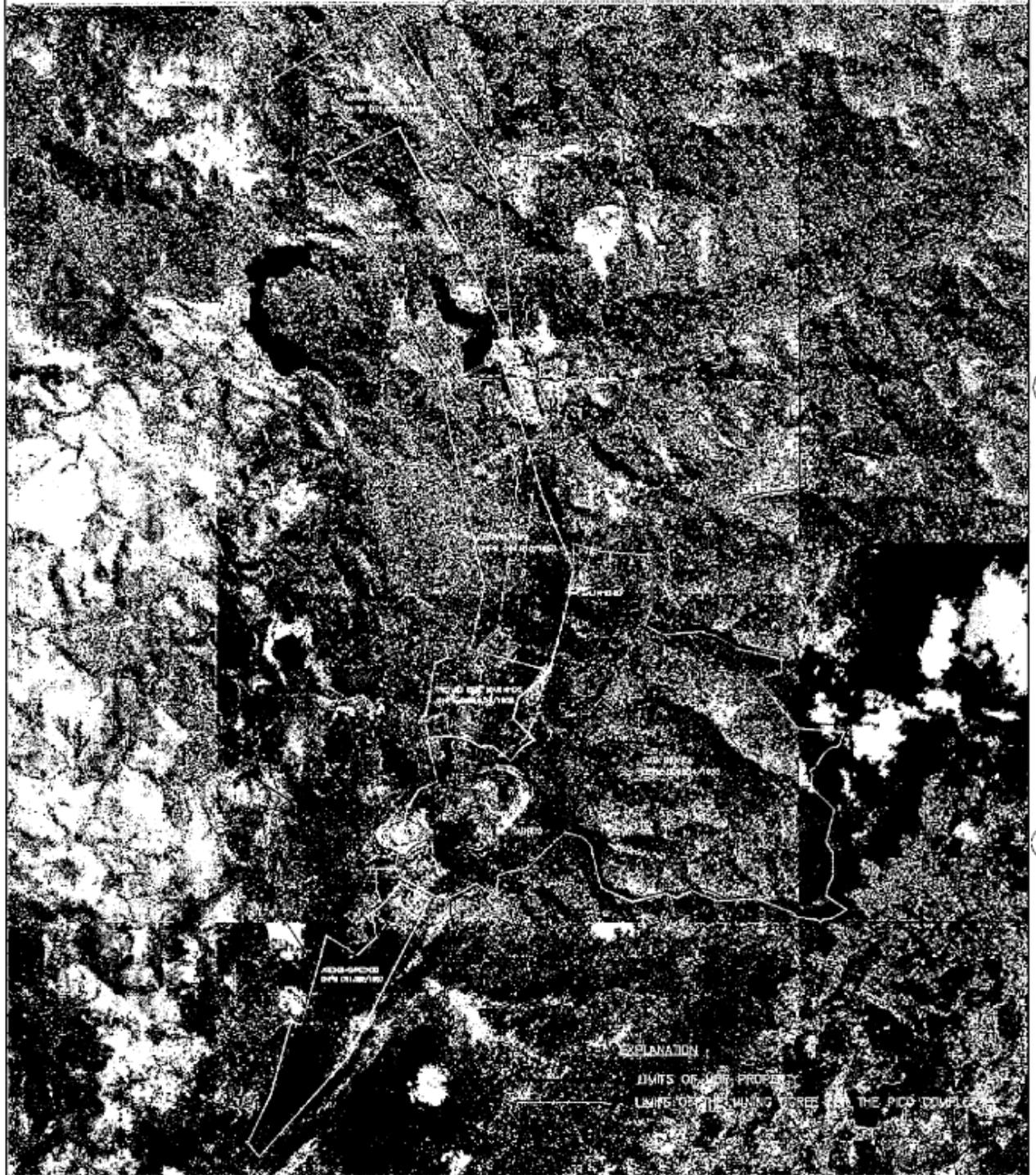
Torres 女士稱公眾提出的主要問題為 Pico 紀念碑的保護問題，該紀念碑為 Sapecado 和 Galinheiro 採場之間的一塊天然岩石構造；減弱較小較淺的自然崩落（主要在 Galinheiro 礦區域）和影響以及採場排水對水資源的影響。PAH 認為 EIS 中詳細的討論了這些影響以及制定的合理的減弱/預防措施。Torres 女士稱她不懷疑該項目將獲批准，只需跟足程式就可以。

PAH 認為，根據適宜的國內和國際標準進行了完整而全面的 Pico 礦區環境許可研究。審批流程按順序進行，應於 2006 年初獲得球團廠的審批。礦山擴大和選廠項目的審批則會比較複雜，也需要更長的時間。如 FEAM 的 Torres 女士所述，PAH 認為 MBR 最終很有可能獲得 Pico 礦區項目的審批，但是最終時間難以確定。米納斯吉拉斯地區的礦業發展迅速，導致 FEAM 的資源足襟見肘，從而延遲項目審批。因此，PAH 認為項目審批不會早於 2006 年 5 月-6 月，但也不會導致嚴重的項目延誤。

PAH 的結論是 MBR 與政府機構之間有良好的工作關係，這將對項目審批起到促進作用。但我們也發現試圖推進審批流程會對這種工作關係產生負面影響。MBR 的環境管理部門很清楚這一點。

7.2.3 土地，礦產和水權益

審計團隊獲得了整個 Pico 礦區的地籍圖和土地註冊號。圖 7-1 為土地位置，表 7-1 為 Pico 礦區中的各個土地法令。儘管我們的工作不涉及對土地所有權進行法律審查，但 MBR 證明了在其將展開活動的土地上具有完全法律業權。



編製者	PINCOCK 公司, Allen & Holt	圖片提供者/編製者	圖 7-1	發出日期
	165 S. Ulloa Boulevard, Suite 950 Lakewood, Colorado 80228 Phone (303) 986-6950	Minerações Brasileiras Reunidas	PICO 礦區物業地圖	2006年1月
項目編號	34350	項目名稱		圖片名稱
		Pico Complex Reserve Audit	Fig7-1.cdr	

從 2001-2004 年每年中已實施的措施，以及改進和預防措施。趨勢是令人滿意的。

7.3.2 管理計劃

廢物管理計劃

廢物管理計劃包括了一系列的工作流程和協議，確定了對所有液體、固體和危險廢物的管理和最終處理方法。在實地考察期間 PAH 注意到採用了廢物分離隔離措施。沒證據表明調查過的設施的廢物管理存在明顯問題。

化學品管理計劃

化學品管理計劃還闡述了在 SIM 和儲存、使用、運輸和處置危險化學品所涵蓋的方面。已經制定了化學品洩漏的緊急反應計劃。正在實施適當的措施，如用標誌指示化學品儲存區，在儲存罐周圍設置保護堤，為處理危險化學品提供防護設備。

尾礦管理計劃

MBR 對所有的尾礦壩進行連續監測工作，其中包括監測任何異動和監測水壓。由外部顧問通過實地考察並審查監測數據對尾礦壩進行年度檢查。每三年由國際顧問進行一次尾礦壩安全風險分析。作為本次審計的一部分，PAH 審查了最新的風險評估報告及建議，認為目前沒有潰壩風險且風險管理和監測程序充分。所有尾礦壩檢查工作符合 SIM 標準工作流程。

關閉和復墾計劃

MBR 需要向監管機構提交年度復墾計劃，該計劃描述第二年將進行的復墾工作的情況和成本。積極的復墾工作已經納入 Pico 礦區的計劃開發方案，在目前的工程中正在實施。這些工作符合或超過了國際上關閉金屬礦山的最佳管理規範。選廠長期運營成本中考慮了關閉和復墾成本。

緊急反應計劃

在 EHS 管理體系中介紹了許多緊急反映流程，包括洩漏事故、火災、爆炸以及其他事故。

環境影響監測計劃

批准條件（COA）與決定環境影響監測計劃的運營和安裝許可證有關。由 SIM 中成為生態控制的分類管理所有批准條件，生態控制決定了跟踪和監測批准條件的流程和職責。PAH 認為 MBR 充分監測了工程對環境造成的影響。

7.4 監測和遵守情況

對 MBR 提供的與監測工程對環境影響情況和監測批准條件和調整要求的遵守情況有關的資料進行了審查。審查了下列環境問題：

1. 揚塵和噪聲。除了在旱季會出現沙塵過多，沒有明顯或長期的合規問題。審計包括調查一家位於加拿大 Jardin 的噪聲採樣站，以及 MBR 環境實驗室，兩個實驗室情況都較好。也看到了噪音計的有效校準證書。
2. 地表水質量和供應。在 MBR 礦權區的多處地方對地表水供應和質量進行監測。還對污水處理廠和油水分離器排出的水流進行監測。

在幾個油水分離器處發現水質量超標，其中油脂含量超過允許水平。這些油水分離器與設備維修維護車間有關。這個問題可通過將這些車間的廢液排入大型沉澱池中，通過沉澱或稀釋收集尾渣並處理廢水。從大型沉澱池中排出的水油脂成分不超標。

MBR 認識到該問題，在油水分離器處增加化學處理過程（例如在 Capita do Mato 礦）。改進過的油水分離器基本解決了問題。PAH 不認為這是能影響 MBR 工程的嚴重問題。

3. 尾礦壩。參見之前討論尾礦壩安全和風險分析的部分。
4. 復墾。根據設施許可 COA 中規定的標準進行復墾計劃，沒有發現明顯問題。

8.0 市場分析

8.1 簡介

MBR 計劃於 2005 年生產和銷售鐵礦石 4800 萬公噸，2006 年將超過 5000 萬公噸，2007 年將達到 5500 萬公噸，一直至 2030 年。在這段時間中，特高品位赤鐵礦礦石量將從 2008 年開始降低，預計至 2021 年將開採完畢，如圖 8-1 所示。這種情況下 MBR 需要調整其產品組合，並開始並加工更多其鐵英岩資源。因此 MBR 的長期計劃必須包括開發並加工低品位鐵英岩，為國內外市場生產高質量產品訂立可行的另類方案。

目前的長期計劃包括鐵礦石市場研究，以確認市場對鐵礦石粉礦的需求量持續增長。MBR 鐵英岩項目預計能滿足國內外市場對鐵礦石和球團的需求增長。該策略主要考慮到巴西鋼鐵業產量的顯著增加。四家巴西鋼鐵企業計劃至 2009 年總共增加 1350 萬公噸年產量。預計 700 萬公噸球團年產量中，MBR 預計將向國內市場銷售 250 萬公噸高爐球團。剩餘的 450 萬公噸球團年產量，包括 300 萬公噸高爐球團和 150 萬公噸直接還原球團，將投入國際出口市場。一份市場調查顯示，儘管其他鐵礦石供應商注意到了產能增加，但 MBR 建設選廠和球團廠未對國際鐵礦石貿易造成影響。

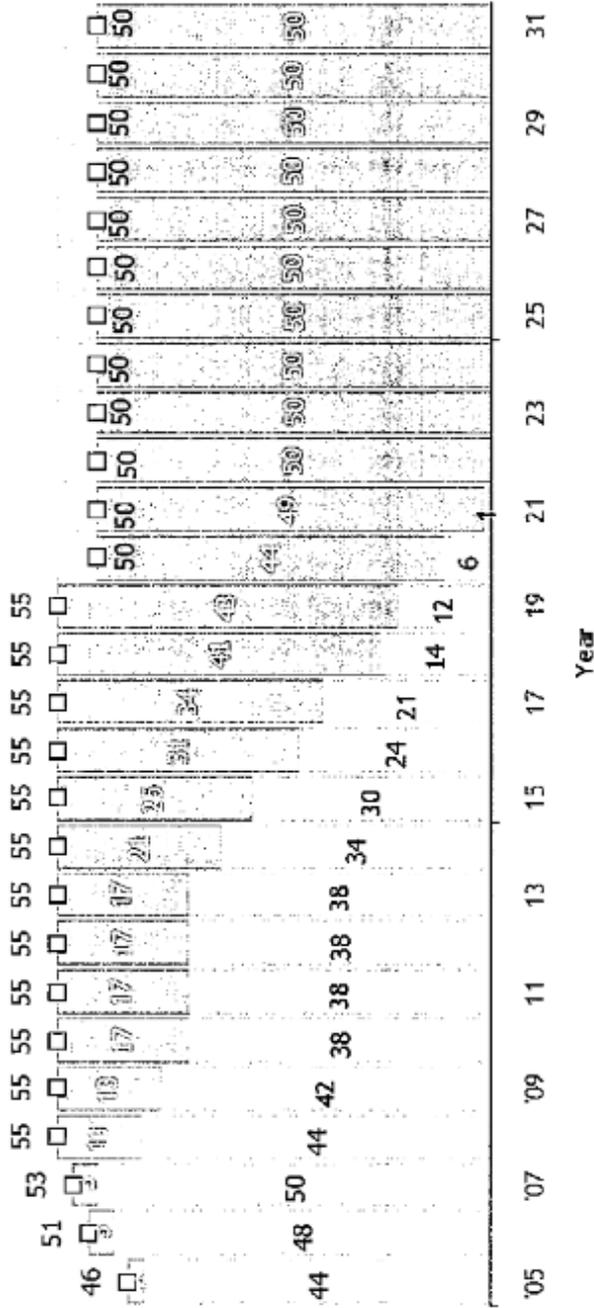
8.2 預計需求和供應

MBR 已仔細研究了未來國際市場對球團的需求和供給預測。該公司預計 2004-2012 年間年需求量將增加 3300 萬公噸。另一方面，供應產能預計將增加 4400 萬公噸。但是由於塔斯馬尼亞 Savage River 球團停產以及印度國內需求增加，供需差異將縮小 670 萬公噸。此外預計還將有 500 萬公噸球團將從出口貿易轉向滿足產能增加的巴西鋼鐵工業。一些計劃的但未公佈的巴西鋼鐵項目將會消耗 500 萬公噸球團。歷史上球團供應量經常比需求量略高，但是目前情況似乎并非如此。增長的球團市場將為未來新增加的球團產能提供空間。

全球需求增加主要受中國強勁增長的鐵礦石需求，以及高爐更願通過使用更高品位鐵礦石原料提高生產效率這兩個因素拉動。雖然塊礦產量呈下降趨勢，但可以預計球團將填補這個缺口。雖然中國對鐵礦石需求保持強勁，但 MBR 並不計劃向中國出售球團。預計中國在 3000 萬公噸球團產能落成後，將可通過內部市場滿足國內需求。但中國仍將進口大量球團作為國內球團供應的補充。

Production, Mt

Hematite Itabirite total



編製者

PINCOCK 公司, Allen & Holt
 166 S. Ute Boulevard, Suite 900
 Lakewood, Colorado 80226
 Phone (303) 968-6950



項目編號

34350

圖片提供者/編製者

Minerações Brasileiras Reunidas

項目名稱

Pico Complex Reserve Audit

圖 8-1

赤鐵礦儲藏消耗

發出日期

2006 年 1 月

圖片名稱
Fig 8-1.cdr

MBR 的具體營銷計劃與其當前可靠客戶和巴西鋼鐵企業公佈的產能增加有緊密聯繫。巴西境內的目標鋼鐵企業客戶主要位於 MBR 將鐵礦石運至港口的 MRS 鐵路系統的沿線。所以可以有效而經濟的供應這些客戶。MBR 還對其目前出口客戶的長期需求量進行了研究，基本可以肯定這些客戶將購買 MBR 新增加的生產量。還發現對球團料粉礦將保持持續需求量以補充燒結料粉礦。也許可以提高球團料粉礦售價至燒結料的水平，以增加銷售利潤。營銷計劃也考慮到 MRS 鐵路和 Guiaba 港的運輸能力。鐵路和港口已經製定擴建計劃，MBR 可以提高運量，也可運輸更多品種的鐵礦石產品。

MBR 仔細分析了許多國家超過 20 座高爐和直接還原鋼鐵廠。CRU 也進行一項獨立的市場調查，與 MBR 的調查相對照。此外 MBR 聘請了中國北京大學一位教授分析中國鋼鐵企業未來球團需求量。根據這些信息，PAH 認為 MBR 對鐵礦石未來市場進行了實際而準確的調查。由於其礦石質量很高，且礦山、選廠、鐵路、港口具有良好的運營成本結構，即使市場下滑，MBR 基本能銷售所有的新增加產量。

8.3 經濟評估

PAH 沒對該項目制定單獨的經濟性評估報告，但是通過審閱 MBR 編制的現金流報表，評估了 MBR Pico 礦區項目的經濟可行性。PAH 審查了技術數據的模型和模型結構，證實了與項目開發計劃相一致。PAH 審閱了獨立項目的單位成本結構，發現成本合理。

成本包括開採、選礦、運輸（MRS）、碼頭設施費用、環境、以及雜項和管理成本。扣除了所有相關的銷售稅費。採用折舊和提攤降低稅前收入，所得稅採用 34% 的稅率。折舊和提攤包括非現金金額，此外還包括項目壽命中預計的未來資本支出。

通過假設從選廠以市場售價將球團料銷售給球團廠，分別對選廠和球團廠進行分析，評估經濟性。表 8-1 列出了項目經濟性摘要。根據 7.6 億美元的初始投資，採用 2005 年價格，項目淨現值約為 11.84 億美元（折現率 12%）。現金流分析中所採用的 2005 年鐵礦石價格為每噸鐵礦石的加權價格 35 美元/噸。即使按 2004 年的價格，總預計淨現值按 12% 折現率計算也為正值，為 1.18 億美元。

表 8-1

Mineracoes Brasileiras Reunidas

Pico 礦區儲量審計

經濟性摘要 (百萬美元)

價格	淨現值@12%折現率	內部收益率%
2005	ITM- I : 692	31.2
	PEL- 1 : 492	
	總計 : 1,184	
2004	年總計 : 118	14.4

MBR 提供的敏感度分析報告表明，該項目對產品價格比資本成本更加敏感。該結果與 2005 年 3 月審計中 PAH 對項目敏感度進行的分析相一致。根據經濟性結果，PAH 認為 MBR 可以將 Pico 礦區中公佈的礦化礦物（包括赤鐵礦和鐵英岩）看作為礦石儲量。