

EL MÉTODO POR TRANSFERENCIA – UNA ALTERNATIVA DE EXPLOTACIÓN SOSTENIBLE PARA EL PÓLO GESSEIRO DO ARARIPE – BRASIL

G. I. MACÊDO FILHO¹, P. ALFONSO¹, J. C. SOUZA²

Universitat Politècnica de Catalunya¹ e Universidade Federal de Pernambuco²
gregoriomacedo@yahoo.com.br - pura@emrn.upc.edu - jcesar@ufpe.br

Artigo submetido em outubro/2011 e aceito em dezembro/2011

RESUMEN

La explotación de yeso en el Pólo Gesseiro do Araripe es el mayor generador de desarrollo social y económico en esta región de Brasil, pero es también uno de los grandes proveedores de impactos negativos al medio ambiente.

Una alternativa de exploración sostenible de este recurso mineral puede ser la aplicación de un método de laboreo minero que ofrezca menos impactos ambientales, y permita la recuperación ambiental o la adecuación del área explorado de forma que continúe contribuyendo, de forma positiva, al ecosistema y al desarrollo regional.

Este trabajo compara el método de explotación por Cortas tradicionalmente utilizado en el Pólo, con el método tipo Transferencia que permite la recuperación

del hueco al mismo tiempo que se desarrolla la mina, el cual resulta menos impactante desde el punto de vista ambiental y por tanto, considerado aquí como alternativa sostenible.

Al final se concluyó que la exploración de los yacimientos de yeso encontrados en esta región puede ser realizada de modo sostenible a través del método por Transferencia, por presentarse económicamente más eficiente y menos dañino al medio ambiente. Además, posibilita un posterior aprovechamiento económico del área explotada, transformando la minería en una actividad generadora de desarrollo inmediato y continuado.

PALABRAS-CLAVE: Brasil, cantera, desarrollo sostenible, explotación, minería.

THE EXTRACTION BY TRANSFERENCE METHOD AS AN SUSTAINABLE ALTERNATIVE TO THE EXPLOITATION OF GYPSUM IN PÓLO GESSEIRO DO ARARIPE, BRAZIL

ABSTRACT

The exploitation of gypsum in the Pólo Gesseiro do Araripe, Brazil is the most important generator of development in the region, improving the living conditions for the local population, but it is also a supplier of negative impacts to the environment.

An alternative of sustainable exploitation gypsum of Pólo Gesseiro can be done by selecting a processing method that offers less environmental impacts, transforming the area in one local which contribute positively, to the ecosystem and to the regional economic development. This work seeks to compare the method usually used in the exploitation of gypsum in

the Pólo Gesseiro do Araripe (Open Pit) with the Strip Mining method, which is less harmful for the environment and it is, considered as a sustainable alternative.

The present paper concludes that the exploitation of deposits of gypsum, in this region, can be sustainable, by using to the Strip Mining method, which is less harmful and which makes viable the reuse of the exploited area, by transforming the mining activity that not only generates immediate development, but also continued development.

KEY-WORDS: Brazil, exploitaiton, mining, quarries, sustainable development.

EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR TRANSFERENCIA COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA LA EXPLOTACIÓN DE YESO EN EL PÓLO GESSEIRO DO ARARIPE – BRASIL

INTRODUCCIÓN

El método de laboreo por Cortas, tradicionalmente utilizado por la industria minera productora de yeso en el Pólo Gesseiro del Araripe, produce grandes movimientos de volúmenes de tierras lo que conlleva un gran impacto visual. En cambio, el método por Transferencia (Strip mining) permite el vertido de estéril en el hueco que se va formando durante la extracción mineral, de esta manera, constituye una alternativa de explotación sostenible. Este método es capaz de ofrecer menos impactos ambientales por producir escombreras de volúmenes menores en la superficie, contribuyendo de forma positiva al ecosistema local, además de facilitar la posterior exploración continuada del área y al desarrollo económico regional después del fin de la actividad minera.

Alrededor de 300 mil personas (3,5% de la población de Pernambuco) viven actualmente en la región de Araripe. Su PIB por habitante está alrededor de 950,00 euros generados por las actividades industriales asociadas a la extracción y tratamiento del yeso y la agropecuaria y sus derivados que son los mayores empleadores de la región (AD-Diper, 2010). Por otro lado, el índice de desarrollo humano IDH de 0,620, está por debajo de la media nacional del 0,813. Problemas como la deposición inadecuada de residuos domésticos, sistemas de saneamiento básico y tratamiento de aguas residuales son deficitarios y la oferta en servicios de salud es ineficiente. Sin embargo, Estos indicadores reflejan directamente las malas condiciones de vida de la población local significando una falla estructural en el proceso de desarrollo del país (Aguar, 2007; BDE, 2010).

En el presente trabajo se ha realizado una planificación de una explotación de yeso a cielo abierto (Open pit) en el Semiárido brasileño con el objeto de identificar las principales ventajas del método por Transferencia (Strip Mining), desde el punto de visto de los impactos ambientales, en comparación con el método por Cortas, actualmente adoptado por las industrias de la Cuenca Sedimentaria de Araripe.

ZONA DE ESTUDIO

En Brasil, las reservas que presentan mejores condiciones de aprovechamiento económico están situadas en la región semiárida, más precisamente en la cueca del Araripe, región limítrofe de los estados de Piauí, Ceará y Pernambuco, con destaque para este último, donde está implantado el Pólo Gesseiro do Araripe (Parahyba et al, 2009).

Las acumulaciones de yeso se encuentran depositadas en capas discontinuas que ocurren en los Miembros Crato (inferior), con sus calizas fosilíferas de considerable valor paleontológico por la diversidad y estado de preservación de su contenido en fósil, Romualdo (superior) y principalmente en el Miembro Ipubí (intermediario), todos componentes de la Formación Santana de espesor promedio de 250 m (Sobrinho et al, 2006; Parahyba et al, 2009).

El yeso de Araripe pernambucano es encontrado a poca profundidad o en afloramientos lo que reduce significativamente los costos operacionales y presenta un alto grado de pureza incrementando aún más su valor. Sin embargo, la falta de una infraestructura, sobre todo en lo que se refiere a la

logística de los productos, que permita la reducción de los costos de transporte, hace con que este producto llegue a los principales mercados consumidores con el coste hasta nueve veces mayor que su coste de producción, perdiendo, competitividad respecto otros países (Ramos & Ciarlini, 2003).

La Formación Santana, que es la más explotada, tiene su origen en el Cretáceo, un ambiente marino/lacustre, presentando yeso de alta calidad depositado en yacimientos de hasta 32 m de espesor, a profundidades máximas de 30 m de la superficie con reservas medidas del orden de 290.000.000 de toneladas de yeso, ideales para la exploración minera. Tales depósitos normalmente presentan una sedimentación con secuencia estratificada, semi-horizontal, formada por limonitas, limonitas arcillosas, margas, areniscas, calizas laminadas y lulitas bituminosas en parte carbonatada o con presencia de fósiles (Araújo, 2004; DNPM, 2006).

El cuerpo mineral, objeto de este estudio, tiene aproximadamente 219,60 hectáreas más al centro de un área total de 633,32 hectáreas requerida para pesquisa mineral. Está ubicada en la Cueva de Sedimentaria de Araripe, a 14,7 km de distancia a SW de la ciudad de Araripina (Figura 1) en la microrregión conocida como Sertão de Araripe, en el Alto Sertão del estado de Pernambuco, a 685 km de distancia de la capital, Recife.

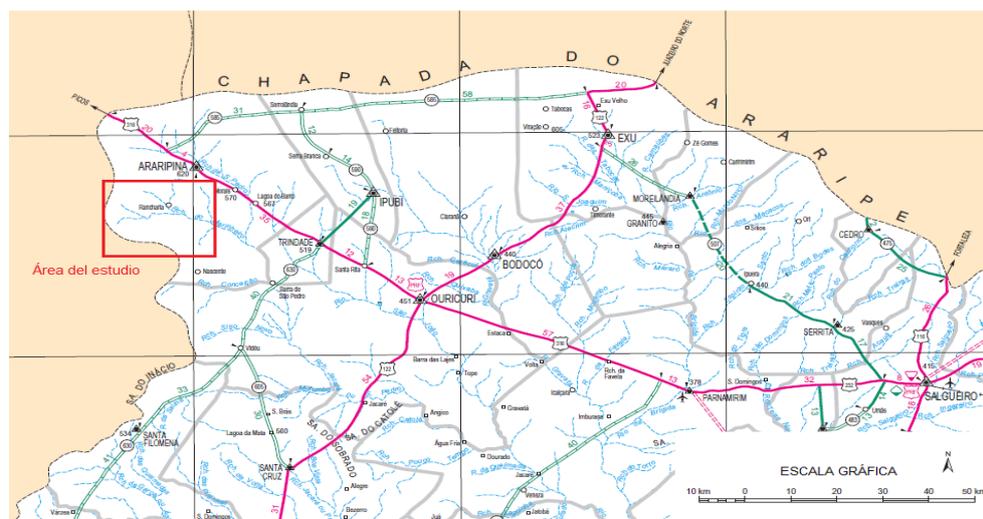


Figura 1 - Mapa rodoviário con la ubicación del yacimiento en estudio. (Fuente: DNIT, 2010).

MATERIALES E MÉTODOS

Por ser la minería a cielo abierto una actividad que exige una aplicación considerable de maquinaria para atender sus necesidades de desarrollo, con el uso de vehículos pesados y aparatos de grande porte en su cotidiano, sus efectos sobre el medio ambiente causados por las grandes cantidades de combustible consumidas constituyen un grave peligro para el agua superficial y subterránea. También tiene implicaciones en la producción de ruido y grandes cantidades de polvo, cuya dispersión por el viento puede afectar poblaciones circunvecinas a la mina además de toda fauna y flora (Häberer, 2005).

Para Ayala y Vandillo (2004), la actual política global de desarrollo industrial tiene en cuenta que la gerencia de los recursos minerales debe ser realizada con el objetivo de obtener estos recursos al paso que conserve el medio ambiente de forma razonable e integrada. Hay, desde ahora,

considerar la exploración mineral en todo su proceso productivo, como un uso transitorio y no más final del terreno, siendo necesaria la relación equilibrada entre el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente.

Se debe, por tanto, analizar como la adopción de un método de extracción mineral que posibilita el vertido del material estéril al hueco simultáneamente al desarrollo de la cantera como lo permite el método por Transferencia, aquí propuesto como una alternativa sostenible a la extracción de yeso en el Pólo Gesseiro de Araripe. Éste consiste en el desarrollo de la cantera a través frentes de extracción (de estéril o de mena) que dividen el cuerpo mineral por fases o paineles, siguiendo la dirección perpendicular a longitud del yacimiento para permitir el ciclo de transferencia de masas dentro del hueco. Así la exploración mineral, considerada habitualmente como muy degradante, se transforma en una actividad menos impactante y capaz de promover el aprovechamiento económico continuado del área explorada después del fin de la vida útil de la mina.

EL MÉTODO STRIP MINING

De acuerdo con Britton y Hartman (1996), el conjunto de técnicas de explotación mineral que componen el método Strip mining son aplicable perfectamente a exploraciones de yacimientos formados por varias capas de rocas mineralizadas con orientaciones horizontales o semi-horizontales y de poco espesor, ubicadas a profundidades no muy grandes (alrededor de 50 m), características comunes de las formaciones sedimentarias de la región del Pólo Gesseiro de Araripe. Aún afirman que el relleno de los huecos generalmente es deseable y viable desde el punto de vista económico, además de ser practicable en las operaciones de avance de estas minas.

El método por transferencia (Strip Mining) es capaz de ofrecer menos impactos ambientales por producir escombreras de menores volúmenes sobre la superficie ya que permite el vertido del estéril dentro del espacio abierto en el panel anterior, contribuyendo de forma positiva al ecosistema local mientras facilita una exploración continuada del área y el desarrollo económico y social de la región después del fin de la actividad minera (Ayala y Vandillo, 2004).

Este método es ampliamente adoptado como técnica de explotación en minas a cielo abierto de carbón en la Región Sur y en depósitos del Norte de Brasil para extracción de bauxita. Desgraciadamente, el método por transferencia jamás ha sido utilizado por la industria minera instalada en el Pólo Gesseiro de Araripe y a pesar de ser este un método combatible con las características geomorfológicas de la Cuenca de Araripe, la totalidad de sus minas son desarrolladas por Cortas (Macêdo Filho y Pena Botelho, 2009).

LA ESTRATEGÍA METODOLÓGICA

El estudio ha sido dividido en dos partes de estudio, subdivididas en etapas de acuerdo con las necesidades de información de cada una. La primera parte del estudio está fundamentada en un análisis comparativo entre la viabilidad económica de dos proyectos pilotos de explotación minera a partir de un yacimiento de yeso en la zona industrial del Pólo Gesseiro do Araripe, elemento inicial para el diseño de los huecos virtuales de la cantera. Ambos los proyectos han sido desarrollados virtualmente con apoyo de programas informáticos de planificación y desarrollo minero (Figura 2), teniendo como base las mismas informaciones generadas por la investigación geológica y topografía

del área, y análisis químicos del material necesarios a la elaboración del modelo geológico digital del yacimiento estudiado y consecuente realización de los estudios de aprovechamiento económico para los dos métodos analizados.

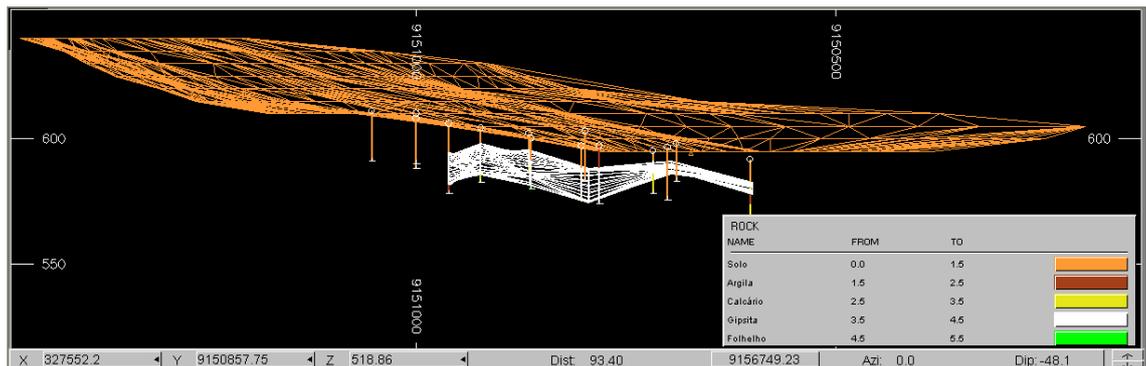


Figura 2 –Representación gráfica (Wireframes) del relevo y cuerpo mineral generada por DATAMine.

En el primero proyecto se utilizaron las técnicas de desarrollo minero por Cortas, tradicionalmente aplicado por las empresas extractivas locales, para servir como referencia al segundo proyecto, éste desarrollado tras el método por Transferencia. Han sido considerados en la elaboración de los proyectos pilotos datos de investigación bibliográfica, además de los aspectos acerca de la infraestructura local de apoyo a la minera, informes de mercado para el yeso, probables costes operacionales, etc. Sin embargo, la primera parte no abarca los efectos de los impactos ambientales generados por cada tipo de método de explotación. No evalúa la influencia de estos efectos en el desempeño financiero de la empresa, tampoco plantea la posibilidad del uso continuado del área después del cierre de la mina.

Por lo tanto, la segunda etapa del proyecto consistió en la investigación teórica acerca de las tecnologías de exploración sostenible de los recursos naturales experimentados en Europa, más específicamente en España, donde la aplicación de tecnologías limpias y la práctica de restauración/rehabilitación de espacios degradados por las actividades antrópicas son habituales y reglamentadas por leyes, decretos y normas que sirven de referencia al desarrollo de marcos regulatorios en otros países.

LA MINERÍA COMO GRAN GENERADORA DE IMPACTOS AMBIENTALES

Considerada como una actividad industrial insostenible por definición, al paso en que la explotación del recurso supone su agotamiento, la minería a cielo abierto es proveedora de un alto impacto ambiental, donde los más comunes son la destrucción de la vegetación nativa, los procesos erosivos y de impermeabilización de extensos áreas, transferencia y deposición de grandes volúmenes de tierra que alteran la morfología y drenaje del terreno, destrucción de patrimonio geológico y arquitectónico, además de aquellos provocados en los trabajos de voladura y movimiento de maquinarias entre otros. También suelen ocurrir impactos sociales y culturales sobre la población circunvecina a la explotación, causando desplazamientos de las poblaciones, conflictos por propiedad de tierras, crecimiento desordenado y degradación de la infraestructura urbana de pueblos y ciudades (Farias, 2002; Ayala y Vandillo, 2004).

Según el Diagnóstico Florestal (2007), elaborado por el Gobierno de Pernambuco, la deforestación de la Caatinga para la producción de carbón vegetal, principal suministro combustible para las calcinadoras de gipsita. Sumado a los huecos abandonados de minas desactivadas, la construcción de grandes escombreras y el cambio del paisaje resultantes del método de extracción de carácter *no sostenible* utilizado por las minerías locales que alterón la dinámica superficial y sub-superficial del terreno son los mayores problemas ambientales encontrados en el Pólo Gesseiro de Araripe (Aguiar, 2007; Araújo, 2004). Aguiar (2007) aún ha destacado como los principales impactos ambientales negativos causados por la actividad minera de yeso en el Pólo Gesseiro de Araripe los siguientes:

1. Transformación del paisaje provocada por la abertura del hueco y/o acumulación en la superficie del material resultante de la remoción de la cubierta estéril del depósito.
2. Degradación, contaminación y alteración de la composición química del aire, suelo y agua por uso de explosivos, por drenaje/erosión, remoción de nutrientes, movimiento de máquinas y lubricantes y combustibles.
3. Pérdida de la biodiversidad tras la deforestación y quemadas para apertura de del hueco, vías de acceso y demás unidades operacionales de la mina .
4. Riesgos a la salud en el contexto laboral, generados, sea por el uso equivocado de las técnicas de desarrollo del minero, o por la falta de Equipos de Protección Individuales (EPI's).
5. Pérdida de patrimonio arqueológico.

Así, la selección de un método y el planeamiento de una minería que permitan la recuperación del área degradado a la vez que ocurran los trabajos de extracción, de modo que después del cierre de la mina tal área pueda presentar condiciones de reaprovechamiento productivo o estar en equilibrio ambiental con el ecosistema local, tiene no solamente ventajas técnicas y económicas, sino también sobre los impactos ambientales causados (Ayala y Vandillo, 2004). Las labores de restauración más sencillas y baratas, tras un plan de acciones y medidas de recuperación del área, suelen reflejar efectos en los costes de la mina. Esto se debe a dos aspectos fundamentales identificados durante el estudio de viabilidad económica: El primer aspecto es que el método por transferencia (descubiertas) permite la total recuperación de la mena, generando mayores ganancias a la empresa, el según está relacionado a la reducción de los costes operacionales de transporte del material estéril que, en el caso del desarrollo minero por Corta, la maquinaria tendrá que recorrer mayores trayectos y mover mayores cantidades de materiales, además de los servicios de construcción de la escombrera (Ayala y Vandillo, 2004; Lima et al,2006).

Las tablas 1 y 2, muestran el resumen comparativo con los principales elementos técnicos, económicos identificados en el estudio de acuerdo con el método adoptado y algunas de las principales ventajas presentadas por el método por Transferencia frente al de Cortas.

Tabla 1 – Resumen de los principales aspectos económicos entre métodos.

Características técnicas	Cortas	Transferencia
Vida Útil (mes)	76	93
	1.047.27	
Tonelada de Estéril (t)	9	1.179.572
Tonelada de Mena (t)	456.370	557.604
Relación estéril-mina(m ³ /m ³)	2,07 : 1	1,91 : 1
Recuperación (%)	95	100

Facturación (€/año)	623.377	623.377
Coste Operacional (€/año)	235.853	213.354
Coste Recuperación (€/año)	12.467	12.467
Tasa Interna de Retorno (%)	54,57	59,56
Payback (año)	1,7	1,6
Valor Presente Líquido (€)	551.753	642.143

Tabla 2 - Resumen de las principales ventajas presentadas por el método transferencia.

Medio ambiental	Empresa	Sociedad
Menor riesgo de movimiento de tierra	Aprovechamiento económico continuado del área	Nuevas oportunidades de empleo
Reducción de la contaminación (aire, suelo, agua)	Menores gastos con impuestos y permisos	Mayores inversiones en infraestructura
Reducción de la deforestación	Mejor imagen para la sociedad	Promoción del desarrollo urbano
Menor sedimentación de ríos y lagunas	Labores de recuperación más sencillas y baratas	Aumento de la renta familiar
Preservación de patrimonio arqueológico	Reducción de costes con transporte de estéril	Valoración económica de la tierra

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El método por Transferencia, por permitir la explotación del yacimiento por etapas que subdividen el cuerpo mineral, posibilita el vertido del material estéril en vertederos internos de la cantera. Esto ofrece grandes ventajas con relación al método de Cortas actualmente utilizado por las empresas de minería del Pólo Gesseiro de Araripe. Las principales ventajas presentadas por la utilización del nuevo método propuesto son la reducción del riesgo de movimiento de tierra, la acción erosiva y la capacidad de sedimentación de ríos y lagunas, la disminución del área deforestada, aumentando la disponibilidad de sitios para construcción de las escombreras exteriores, además de minimizar los costes con transporte del material estéril aumentando las ganancias de la empresa.

Además el método por Transferencia favorece la recuperación de áreas degradadas por resultar más sencillo este trabajo, permitiendo que la rehabilitación y el cierre de la mina restablezcan las condiciones naturales del ecosistema (terreno, flora y fauna), quedando éstas muy próximas a las originales.

Desde el punto de vista de la preservación medioambiental, se puede enseñar que la reducción de los volúmenes de las escombreras externas disminuye el riesgo de pérdidas por soterramiento de sitios arqueológicos de la región de Araripe y que la actividad minera hecha tras el

método por transferencia, permite el aprovechamiento simultáneo de un mismo espacio, tanto por minería cuanto como área de preservación natural, lo que le concede el carácter de exploración sostenible de los recursos naturales. Además, reduce el tráfico ilegal de vestigios geológicos fósiles y arqueológicos.

La posibilidad de aplicación de este método de explotación capaz de ofrecer el aprovechamiento económico continuado del área, sea durante o después de la vida útil de la mina, resulta una mejor respuesta económica a la inversión minera en el Pólo Gesseiro de Araripe. Esto atrae nuevas empresas de al Semiárido Brasileño haciendo posible el desarrollo de la Región con la generación de nuevas oportunidades de empleo, mayores inversiones de capital en infraestructura, promoción del desarrollo social e impactos ambientales menores.

El aprovechamiento económico continuado del área también puede ser realizado a través de la agricultura, construcción de viviendas y creación de parques industriales o energéticos (vegetal/eólico/solar), o por medio de la rehabilitación del hueco final de la cantera para piscicultura, depósito de agua para consumo animal o para diferentes usos recreativos. Aún es posible la reintroducción del la finca al ecosistema local por medio de reforestación o creación de humedales, que proporcionan entre otras cosas, la reducción de gastos con tasas e impuestos medioambientales, mejor aceptación de la población local y reducción del pasivo ambiental.

Cabe a los gobiernos fomentar mejores condiciones de vida a la población, con el aumento en la recaudación de impuestos mientras que se reduzcan los daños medioambientales causados por la minería.

CONCLUSIONES

Se puede concluir, que el impacto generado por el proceso de desarrollo de las minas en el Polo Gesseiro do Araripe puede ser considerablemente reducido por el simple hecho de cambiar la forma de explotación actualmente adoptada, generadora de grandes cantidades de estériles depositados en la superficie, por otra menos impactante y que viabilice el posterior aprovechamiento del área explotada. El nuevo método transformará la actividad extractiva, considerada como dañina y no sostenible, en una actividad que no solamente genera desarrollo inmediato, sino que también es proveedora de mejores condiciones medioambientales y de vida a la población después del final de su actividad.

Por fin, el método por Transferencia (Strip Mining) se presenta como el más ventajoso tanto del punto de vista económico como también ambiental, siendo la aplicación del método actual (Cortas por banqueos múltiples) una cuestión de costumbre local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco (AD Diper). Regiões de desenvolvimento de Pernambuco: RD Sertão do Araripe. 24/02/2010. <http://www.addiper.pe.gov.br>
2. AGUIAR, L. R. Avaliação da ecoeficiência de programas e projetos ambientais voltados às micro e pequenas empresas do Pólo Gesseiro do Araripe. Recife, 2007. Dissertação de mestrado-

- Departamento de Gestão e Políticas Ambientais-Universidade Federal de Pernambuco, 2007. p 156.
3. ARAÚJO, S. M. S. O Pólo Gesseiro do Araripe: unidades geo-ambientais e impactos da mineração. Campinas, 2004. Tese de doutorado-Instituto de Geociências-Universidade Estadual de Campinas, 2004. p 259.
 4. AYALA C., F. J. y VANDILLO, L. F. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería, Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 2004.p 360.
 5. Base de dados do Estado (BDE). Região de Desenvolvimento Araripe. Secretaria de desenvolvimento de Pernambuco. 24/02/2010. <http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/PerfilMunicipios.aspx>
 6. BRITTON, S. G; HARTMAN, H. L. *SME mining engineering handbook*, v 01, 2nd ed. Col. Society for Mining, Metallurgy and Exploration. Littleton, 1996. p 1273 – 1539
 7. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). *Anuário Mineral Brasileiro* 2006. Brasília, 2006.
 8. FARIAS, C. E. G. *Relatório Mineração e Meio Ambiente no Brasil*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Ciência, Tecnologia e Inovação – CGEE/PNUD. Rio de Janeiro, 2002. 20/01/2010. http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo011_02.pdf
 9. HÄBERER, H. Guia de Manejo Ambiental para Minería No Metálica, Ministerio de Energía y Minas, Lima, 2005. p 49. 21/02/2010. <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/guiamanejoambienta l.pdf>
 10. LIMA, H. M.; FLORES, J. C. DO CARMO & COSTA, F. L. Plano de recuperação de áreas degradadas versus plano de fechamento de mina: um estudo comparativo, *Revista Escola de Minas*, ISSN 0370-4467, Ouro Preto, 2006.
 11. MACÊDO, G. I. F. y PENA, L. J. B. Estudo Comparativo de Lavra de gipsita pelos Métodos de Múltiplas Bancadas e Strip Mining com Utilização de Ferramentas Computacionais: Sítio Vira Mão – Araripina / PE. Projeto de graduação-Departamento de Engenharia de minas-Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. p 82
 12. PARAHYBA, R. E. R.; CAVALCANTI, V. M. M.; PERLATTI, F. *Mineração no Semiárido Brasileiro*, Diretoria de Desenvolvimento e Economia Mineral - Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. Brasília, 2009.
 13. RAMOS, F. S.y CIARLINI, A. G. C. Indústria nacional de gipsita e o impacto da globalização: qual a estrutura tarifária ótima?. Livro de resumos ENEGEP 2000, XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção e VI International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. USP/Escola Politécnica, p 205, São Paulo, 2000.
 14. SOBRINHO, A.C.P.L.; AMARAL, A.J.R. y DANTAS, O.C. *Sumário mineral* 2006. Gipsita. In: Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM. Brasília, 2006, p. 175-179.