



Testo di Discussione del Settore Elettrico
n. ° 19

Considerazioni sulle prospettive della Matrice Elettrica Brasiliana

Nivalde José de Castro
Guilherme de A. Dantas
André Luis da Silva Leite
Roberto Brandão
Raul R. Timponi

Rio de Janeiro
Maggio de 2010

Indice

Introduzione	3
I – La transizione della matrice elettrica brasiliana	5
II – Alternative di Espansione della Matrice Elettrica Brasilana	13
II.1 Gas Naturale	14
II.2 Bioelettricità e agroenergia	18
II.3 Energia Eolica	22
II.4 Energia Nucleare	24
II.5 Carbone	25
II.6 Olio Combustibile	26
III- Considerazioni Finali	26
Referenze Bibliografiche	28

Considerazioni sulle prospettive della Matrice Elettrica Brasiliana

Nivalde José de Castro¹

Guilherme de A. Dantas²

André Luis da Silva Leite³

Roberto Brandão⁴

Raul R. Timponi⁵

Introduzione

In contrasto con la matrice elettrica mondiale, dove le risorse fossili rappresentano circa il 70% della generazione di energia elettrica, l'offerta brasiliana di elettricità proviene principalmente dalla energia idroelettrica. Questa predominanza di risorse rinnovabili basata in fonti idriche permette che, a livello di generazione, l'energia elettrica brasiliana abbia, simultaneamente, costi competitivi e sostenibilità ambientale in una situazione impari in termini mondiali.

Il ciclo dell'economia brasiliana nei prossimi anni, caratterizzato dal nuovo piano di sviluppo economico-sociale, si propone di ridurre gli squilibri nella distribuzione del reddito, fortificando e sviluppando il mercato interno, determinando e progettando una nuova condizione di base per il settore elettrico brasiliano: ci si aspetta una crescita significativa della domanda di energia elettrica nei prossimi anni, come conseguenza della crescita della produzione dei settori dei

¹ Professore dell'Istituto di Economia della UFRJ e coordinatore del GESEL – Gruppo di Studi del Settore Elettrico.

² Dottorando nel Programma di Pianificazione Energetica della COPPE/UFRJ e Ricercatore-Sênior del GESEL/IE/UFRJ.

³ Post-Dottore presso IE/UFRJ, Professore della Unisul e Ricercatore-Sênior del GESEL/IE/UFRJ.

⁴ Ricercatore-Sênior del GESEL/IE/UFRJ.

⁵ Specializzando presso l'Istituto di Economia della UFRJ e Ricercatore del GESEL/IE/UFRJ.

beni capitali della costruzione civile e dei beni di consumo durevoli, con evidenza sul settore automobilistico. Tutti questi settori hanno un effetto moltiplicatore della domanda di energia elettrica in tutti i settori della catena di produzione e di consumo, che comportano la manutenzione dell'aumento della carica, in valori possibilmente superiori alla traiettoria storica più recente.

Con base nel potenziale idroelettrico superiore a 150 GW, a priori, si può concludere erroneamente che l'aumento della domanda di energia elettrica potrà essere atteso quasi esclusivamente attraverso l'espansione della capacità installata di generazione idroelettrica.

Per dimostrare la fragilità di quest'analisi, è necessario introdurre due variabili:

- i. L'importanza strategica dei bacini idrici nelle centrali idroelettriche come fattori di regolarizzazione dell'offerta di energia elettrica durante l'anno;
- ii. Le restrizioni legali e l'impedimento geografico per la costruzione di nuove centrali idroelettriche con grandi bacini idrici.

In questa maniera, bisogna evidenziare la necessità di diversificare la matrice elettrica brasiliana, soprattutto nella complementazione alla generazione idroelettrica durante il periodo arido dell'anno.

In particolare, in relazione alla seconda variabile, il Brasile possiede alternative estremamente competitive per l'inserimento di nuove fonti nella sua matrice, tra queste opzioni si evidenziano: gas naturale, bioelettricità, energia derivata dalla canna da zucchero, carbone minerale e i derivati del petrolio.

L'analisi di queste alternative – che condurrà alle decisioni delle politiche energetiche- deve contemplare e considerare le caratteristiche tecniche, economiche e ambientali di ciascuna di queste fonti.

Questo studio è diviso in due parti, oltre alla presente introduzione. Nella prima parte, si esamina la transizione e l'evoluzione della matrice elettrica brasiliana dalla configurazione idroelettrica al profilo idrotermico determinato dall'impossibilità di costruire grandi bacini idrici.

La seconda parte è dedicata all'analisi delle alternative che la matrice elettrica brasiliana ha di espandersi e di diversificarsi, risaltando le specificità e caratteristiche di ciascuna fonte energetica. In ultimo, sono esposte alcune considerazioni finali.

I – La transizione della matrice elettrica brasiliana

La generazione idroelettrica rappresenta più dell'80% dell'offerta brasiliana di energia elettrica. Questo profilo idrico del parco generatore brasiliano è soltanto comparabile ad un ristretto numero di paesi, come possono essere verificati nella tabella 1, essendo che nessuno di loro ha la dimensione geografica e economica del Brasile, con eccezione del Canada.

Tabella 1

**Partecipazione della Generazione Idrica nella Generazione Totale di energia
Elettrica dei paesi selezionati. 2006**

(in %)

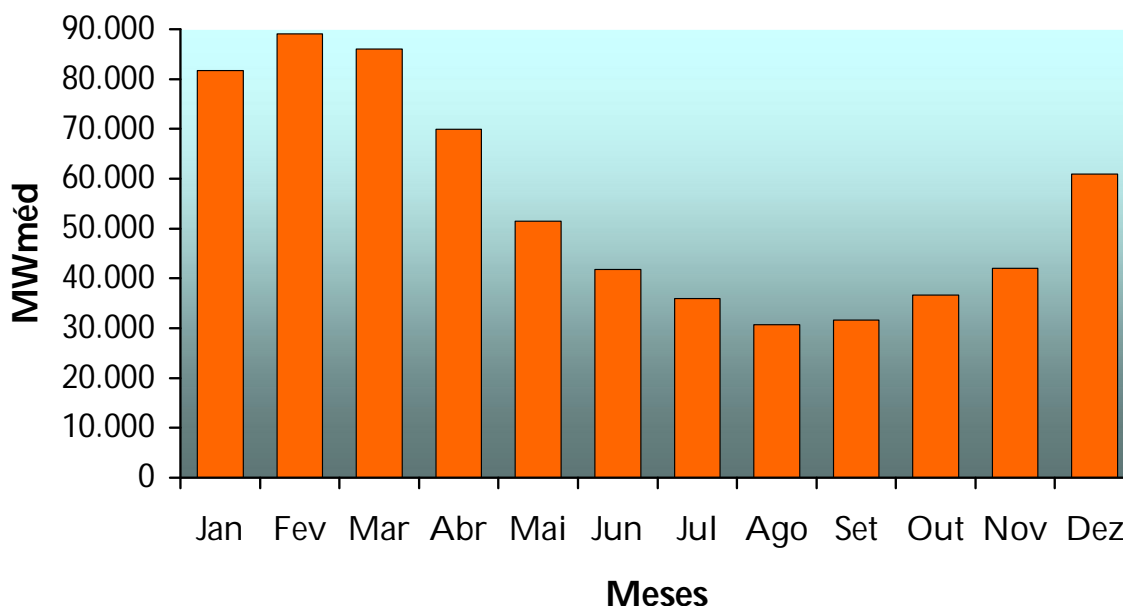
Paesi Primi 10	% Idroelettrica Offerta Totale
Norvegia	98,5
Brasile	83,2
Venezuela	72,0
Canada	58,0
Svizzera	43,1
Russia	17,6
India	15,3
China	15,2
Giappone	8,7
USA	7,4
Resto del Mondo	14,3
<u>Media del Mondo</u>	<u>16,4</u>

Fonte: IEA (2008)

Con base in questi dati si può constatare che il Brasile è praticamente l'unico mercato di energia elettrica in grande scala che riesce a soddisfare la propria domanda essenzialmente attraverso la generazione delle centrali idroelettriche. Questa è una caratteristica che determina un valore competitivo impari nello scenario energetico internazionale.

Nel frattempo, la base idrica del parco generatore brasiliano presenta una caratteristica importante: la stagionalità del regime fluviale brasiliano, conforme si può constatare attraverso il grafico 1.

Grafico 1
Energia Naturale Affluente: media storica
Include tutti i sottosistemi del SIN. Configurazione del 2008



Fonte: Elaborazione del GESEL-UFRJ a partire dalla banca di dati storici dell'operazione do ONS del 2008.

(*) Sistema Interlegato Nazionale che corrisponde a circa il 98% del mercato brasiliano di energia elettrica.

La discrepanza accentuata dalla ENA – Energia Naturale Affluente – tra il periodo umido e secco, in una proporzione di tre a uno, può indicare, a priori, un' impossibilità di costruire un parco generatore con base quasi esclusiva delle risorse idriche. Ciò che ha reso viabile e che permette al Brasile di soddisfare la domanda attraverso l'idroelettricità, è stata la costruzione di grandi riserve di acqua, capaci di raccogliere la pioggia nel periodo umido dell'anno e la conversione di questa riserva nel periodo arido. La costruzione di un congiunto

complesso di riserve idriche permette al sistema idrico di non basarsi appena su una variabile di flusso e passa a essere considerato anche in una variabile di stoccaggio: l'energia conservata nei bacini. In questa maniera, diventa possibile regolare l'offerta di energia durante tutto l'anno e per più di un anno.

Da queste considerazioni, non si può ignorare che l'offerta di energia idroelettrica nel medio e lungo termine dipende dalle condizioni climatiche. In questo senso, è necessario analizzare che la capacità installata del sistema sia considerevolmente superiore alla domanda di punta del sistema e che il sistema abbia centrali termiche installate attuando come backup strutturale per il parco generatore.

Allo stesso tempo, le centrali termiche svolgono il ruolo di soddisfare la richiesta di punta del sistema, specialmente nel periodo arido dell'anno, nel caso sia necessario. In questa maniera, in un sistema con la configurazione e le caratteristiche come il caso brasiliano, le centrali termoelettriche sono distribuite appena in funzione dell'occorrenza di periodi idrologici critici.

Dovuto alla imprevisibilità dell'uso delle termoelettriche, è stata istituita la modalità di contrattazione di energia elettrica per disponibilità. Questo formato di contratto ha come base il pagamento di una remunerazione mensile fissa relazionata al costo del capitale investito nell'impresa. Questo pagamento fisso è strutturato dalle imprese di distribuzione con base nei valori definiti nelle aste di energia di nuova generazione realizzati dal MME, EPE e ANEEL. Nel caso in cui la centrale venga "dispacciata" dall'ONS, l'impresa distributrice si incaricherà del costo del combustibile necessario alla sua operazione. Questa componente di costo della generatore termica è il costo variabile unitario. In questi termini, il rischio dell'incertezza in relazione al costo del combustibile (e prezzo dell'energia elettrica) è dell'impresa di distribuzione, che lo ripassa ai suoi clienti, i consumatori finali. Questo tipo di contratto è interamente compatibile con un parco generatore idrico dove la generazione termoelettrica ha un carattere

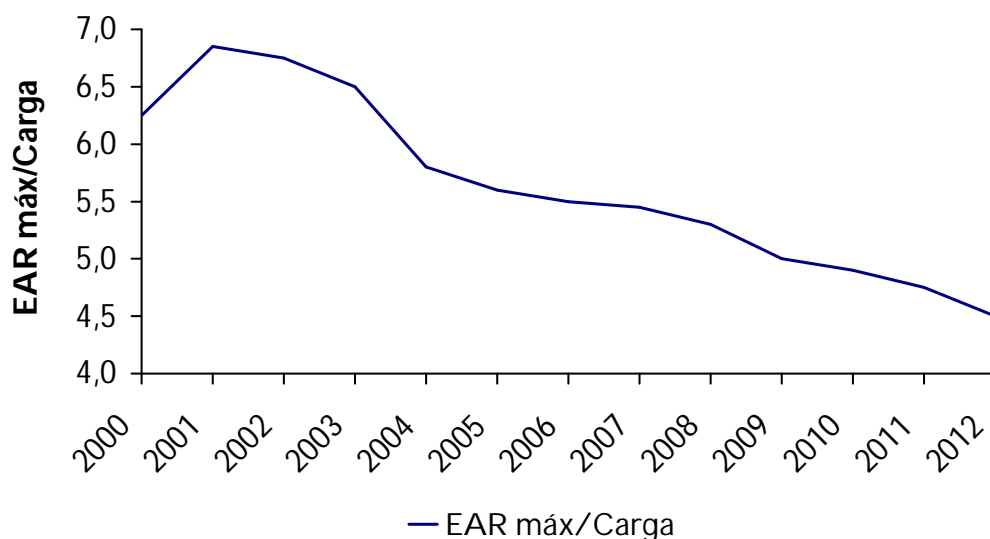
eventuale, ossia, dove il parco termico attua una funzione specifica di backup del sistema elettrico.

La frequenza sperata di dispaccio delle termiche, determinata dai modelli probabilistici, è molto bassa, si tenta, con questo tipo di contratto, ridurre i costi per il sistema, pagando nella maggior parte delle volte, un costo fisso di basso valore.

Il potenziale idroelettrico restante, ad essere sfruttato in Brasile, è stimato dalla EPE in valori superiori a 150 GW. Nel frattempo, la soddisfazione della domanda dell'energia elettrica durante tutto l'anno con base nella generazione idrica, richiede che la capacità installata stia associata a una capacità di conservazione dell'acqua proporzionale. In questo senso è necessario analizzare inizialmente se il potenziale idrico rimanente è localizzato nelle regioni adeguate alla costruzione di grandi riserve idriche e se le restrizioni vincolate alla legislazione ambientale permetterebbero la costruzione di nuove riserve. Studi condotti dal GESEL indicano che il modello del sistema elettrico brasiliano, è basato sulle centrali idroelettriche con bacini idrici di grandissima capacità, non potrà più essere replicato nell'espansione della matrice elettrica brasiliana. Questa impossibilità è dovuta al fatto che gran parte del potenziale e idroelettrico sfruttabile è localizzato in regioni la cui topografia è lineare, con cadute d'acqua poco pronunciate nelle parti più voluminose dei fiumi. Dal punto di vista fisico, la costruzione di grandi riserve idriche con area allagata, non è raccomandabile, poichè allo stesso tempo fornirebbero poca energia, come accade nel caso della Centrale Idroelettrica di Balbina. D'altro canto, è necessario considerare il carattere più restrittivo della legislazione ambientale a partire dalla Costituzione del 1988, che rende difficile e limita, in molto, l'espansione della capacità installata, promovendo un'alterazione del modello di generazione di energia idrica che ha prevalso durante il XX secolo. Pertanto, dovuto alle restrizioni fisiche e ambientali l'evoluzione del parco generatore brasiliano si vede di fronte a uno scenario dove la potenza idroelettrica

deve espandersi con base in centrali ad acqua fluente che non raccolgono acqua. Come risultato, ci sarà una riduzione graduale e irreversibile della capacità di regolarizzazione dell'offerta durante tutto l'anno, come già si può constatare attraverso delle informazioni del Grafico 2 che riguardano il periodo dal 2000 al 2012.

Grafico 2
Evoluzione della capacità di regolarizzazione delle riserve idriche
2000-2012

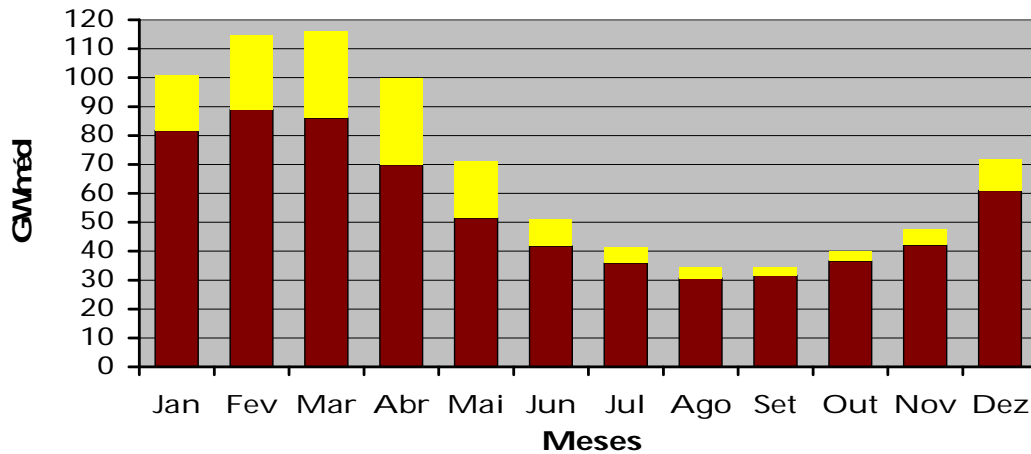


Fonte: Chipp, Hermes. *Procedimenti Operativi per Assicurare la Fornitura Energetica del SIN*. Seminario presso il GESEL-IE-UFRJ, Rio de Janeiro, 9 luglio 2008.

D'altra parte, la maggior parte degli sfruttamenti rimanenti, risiede nella Regione Nord, il differenziale dell'ENA, energia naturale affluente, tra il periodo umido e il periodo secco, aumenterà per una proporzione approssimativa di quattro a uno. Nell'impossibilità di raccogliere più acqua, arriverà il giorno in cui la generazione idroelettrica non avrà capacità di soddisfare da sola la carica nel periodo secco dell'anno. Il Grafico 3 illustra questo punto, permettendo la valutazione dell'impatto di nuove costruzioni ad acqua fluente nella Regione Nord di 30 GW, durante l'anno.

Grafico 3

Energia Naturale Affluente con l'inclusão di 30 GWmed nella Regione Nord
(in GW medi)



Fonte: Elaborato dal GESEL/IE/UFRJ con base nei dati della ONS.

Un corollario immediato di questa nuova configurazione del parco generatore brasiliano, sarà la necessità crescente che altre fonti di energia operino alla base del sistema per tutto il periodo secco dell'anno di forma complementare alla generazione idroelettrica.

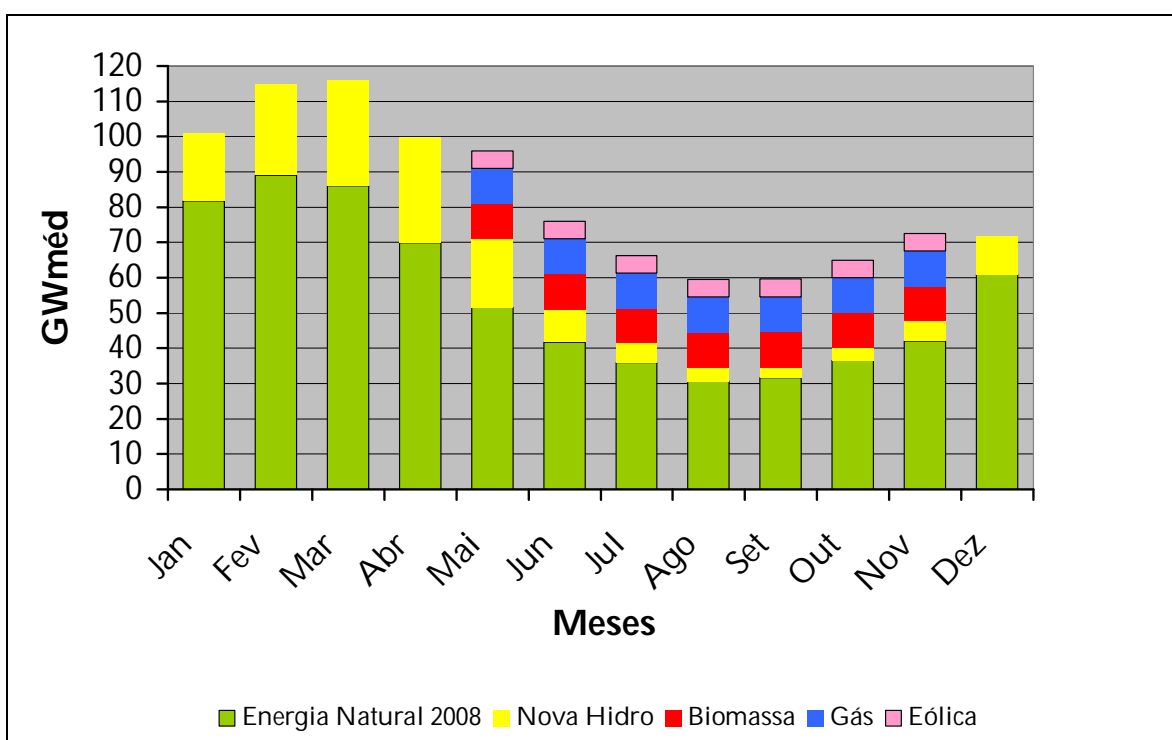
E' importante citare che questa complementazione alla generazione idroelettrica, è assolutamente distinta dalla configurazione, dove le centrali termiche funzionano come backup del sistema. Le evidenze analitiche formulate dal GESEL, indicano che sarà sempre più necessario l'uso delle centrali termiche in forma continua durante tutto il periodo secco dell'anno. Questo sarà il nuovo modello di generazione del sistema elettrico brasiliano.

Il grafico 4 illustra l'importanza dell'introduzione di fonti complementari alla generazione idrica nel periodo secco, in maniera che sia capace di gestire e

garantire la sicurezza energetica durante tutto l'anno. In questa illustrazione ipotetica, si suppone l'introduzione di 10 Gwmed di bioelettricità, 10 GW di generazione minima nel periodo secco, di gas naturale e 5 Gwmed di energia eolica nel periodo secco dell'anno. Si tratta di un esercizio soltanto per visualizzare la necessità e l'importanza della complementazione alla generazione idroelettrica, al fine di colmare il gap derivato dalle nuove centrali ad acqua fluente.

Gráfico 4

Oferta de Eletricidade com Geração Complementar⁶



Fonte: Elaborato dal GESEL/IE/UFRJ a partire dai dati basici dell'ONS.

La conoscenza completa dell'evoluzione della matrice elettrica brasiliana è di fondamentale importanza perchè l'espansione del sistema avvenga in maniera adeguata. La contrattazione a seconda della disponibilità, adeguata a un sistema

⁶ L'obiettivo del grafico è evidenziare l'importanza della complementazione al parco idrico nel periodo secco dell'anno. Nel frattempo, sebbene non consti nel gráfico, è necessário evidenziare che anche l'energia eolica è dispacciata durante l'anno anche se in minor scala.

idrico e, soprattutto, gli errori metodologici nel meccanismo di contrattazione delle aste di energia nuova⁷ risulteranno nella contrattazione di un montante significativo delle centrali termoelettriche **senza vocazione per operare nella base del sistema**. Queste centrali risultarono vincitrici nelle aste di energia in grande scala perchè la metodologia adottata considera che saranno usate appena durante un numero esiguo di ore per anno. Nel frattempo, la possibilità concreta di dispacciare maggior energia da queste centrali durante un numero di ore superiori al previsto dalla metodologia delle aste, fa sì che queste centrali rappresentino un grande e serio rischio finanziario per il sistema elettrico brasiliano, che non è stato debitamente considerato.

L'espansione ottimale dell'offerta brasiliana di energia elettrica richiede un'analisi delle diverse possibilità disponibili al fine che siano scelte quelle che promuovano un'espansione economica e con rispetto ambientale. In questo senso, la prossima parte di questo studio si concentra nell'analisi individualizzata delle diverse fonti energetiche perchè si possa determinare quelle che devono essere priorizzate.

II – Alternative di Espansione della Matrice Elettrica Brasiliana

Nella prima parte abbiamo analizzato il profilo del parco generazione brasiliano e la necessità crescente di diversificare la matrice, concludendo la necessità di inserire le fonti complementari alla generazione idrica. Di conseguenza è necessario evidenziare che, sebbene sia una energia sempre più stagionale, l'uso delle risorse idriche deve rimanere come opzione prioritaria nell'espansione dell'offerta brasiliana di energia con la costruzione di centrali idroelettriche nella Regione Nord, alla stessa maniera, lo sfruttamento del potenziale delle piccole centrali idroelettriche. La manutenzione dell'espansione con base nelle risorse

⁷ Ver CASTRO *et al.* (2010) e CASTRO *et al.* (2009).

idriche si giustifica per essere, tra tutte le fonti disponibili, quella più competitiva e che emette meno gas serra. La questione centrale è: quali delle fonti deve complementare il parco idrico. Durante questa sezione, saranno discusse le diverse alternative. La sequenza dell'analisi delle fonti segue un ordine di importanza che gli autori attribuiscono a ciascuna di queste fonti nell'espansione della matrice elettrica brasiliana.

II.1 Gas Naturale

Il mercato di gas naturale in Brasile si caratterizza storicamente per disequilibri tra l'eccesso e la scarsità dell'offerta di questa risorsa. All'inizio del 2007, per esempio, il ritardo della stagione delle piogge ha forzato il dispaccio in larga scala delle termiche a gas, minacciando la fornitura di gas a fini industriali e veicolari, provocando una forte instabilità nel settore elettrico.

Nel frattempo, il contesto attuale e gli scenari per l'offerta di gas naturale sono altri. Prima dell'esplorazione delle riserve del Pre-sale (aspettativa per la produzione significativa a partire dal 2017⁸), si crede che già a partire dal 2011, il Brasile abbia accesso a una grande quantità di idrocarburi leggeri dovuti alla produzione nei grandi campi di Mexilhão, Lagosta, tra gli altri campi Bacia de Santos. La Tabella 2 illustra le prospettive di un aumento della disponibilità di gas naturale nel Paese a medio termine.

⁸ Secondo Gabrielli (2009), nel 2015 la produzione di olio nella Provincia del Pré-sal attingerà 582 milioni di barrili al giorno (contabilizzando la produzione della Petrobras e partner), passando al 1,3 nel 2017 e raggiungendo 1,8 nel 2020.

Tabela 2
Previsões de Reserva, Produção e Importação de Gás Natural
2010-2019

(Em milhões de m³/dia)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Riserve ¹	1169	1286	1545	1616	1900	1944	1909	1861	1829	1781
Produzione ²	80.1	98.1	121.5	128.3	129.7	135.1	145.2	156.3	157.0	166.6
Importazione	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1

Fonte: EPE, Piano Decennale di Espansione dell' Energia 2019. 1. Reserve in miliardi di m³. Si considerino risorse contingenti (campi scoperti in fase di studio) e da scoprire.2. Produzione di risorse già scoperte.

L'uso del gas naturale per la generazione dell'energia elettrica affronta alcune barriere. La barriera principale, si riferisce al carattere aleatorio del dispaccio delle centrali termiche del sistema elettrico brasiliano e nel disegno attuale di contrattazione di energia che trasferisce questa incertezza integralmente nella catena di produzione del gas naturale. Questa barriera ha rappresentato sempre un ostacolo maggiore all'inserimento del gas naturale nella matrice elettrica brasiliana. Per i fornitori di gas naturale, ciò che si sta inserendo nella catena di produzione capitale intensiva e che presenta difficoltà di stoccaggio del prodotto, i migliori contratti di fornitura di gas sono quelli che hanno volumi previsibili: facilitano l'organizzazione della produzione e della distribuzione di gas e facilitano l'ammortizzazione degli investimenti. Quindi, nel sistema brasiliano, le piante termoelettriche hanno il dispaccio determinato dalle piogge, cio' rende il consumo di gas naturale per la generazione, un fattore oscillante e instabile, rappresentando un problema per la catena di petrolio e gas. C'è quindi una difficoltà di coordinamento tra l'industria di petrolio e gas e il settore elettrico, entrambe catene energetiche, ma con schemi di commercializzazione e gradi di maturazione diversi.

Le centrali termoelettriche mosse a gas naturale hanno una inflessibilità operativa, questo dovuto alla determinazione di livelli minimi di generazione, rendendo la produzione di energia meno soggetta a incertezze. Quest'alternativa è molto interessante per i fornitori di gas naturale perchè viabilizza contratti di fornitura di combustibile con un modello di consumo più prevedibile. Nel frattempo, progetti che prevedono una produzione minima non sono competitivi per le attuali regole di contrattazione di energia nuova attraverso le aste di energia, che privilegiano progetti con minor costo variabile.

L'offerta crescente e significativa di gas naturale nei prossimi anni, in concomitanza alla necessità di disporre di centrali termiche adatte a operare in forma complementare alla generazione idrica nel periodo secco dell'anno, necessita di un ulteriore studio a rispetto di come viabilizzare un miglior inserimento del gas naturale nella matrice elettrica brasiliana.

Durante il periodo secco dell'anno, il sistema elettrico brasiliano presenta le condizioni adeguate all'inserimento di contratti di fornimento di gas naturale. In questo senso è necessario definire quale sarà la destinazione del gas naturale nel periodo umido dell'anno in maniera da viabilizzare gli investimenti sostenuti per la diponibilizzazione del gas.

D'altro lato, il sistema elettrico brasiliano continuerà ad usare centrali che attuino nelle ore di punta del sistema. Le centrali termoelettriche a ciclo⁹ mosse a gas naturale si costituiscono come opzione viabile e importante per la realizzazione di questa funzione, poichè sono capaci di soddisfare immediatamente la carica. Oltre al fatto che quando le si compara con le centrali a olio combustibile, le centrali a

⁹ Nel caso di centrali contrattate per operare alla base, è necessario prioritizzare centrali a ciclo combinato essendo più efficienti. Ma, questo tipo di centrale ritarda nelle operazioni di carica non adeguandosi a operare al vertice del sistema.

gas naturale hanno il vantaggio di emettere livelli minori di gas a effetto serra¹⁰ e inquinanti locali.

Per questo motivo il gas naturale dev'essere l'opzione prioritaria nella complementazione del parco idrico brasiliano considerando la crescita della richiesta energetica e i suoi impatti ambientali minori in comparazione agli altri combustibili fossili. Questo inserimento deve verificarsi basicamente per l'operazione di base durante il periodo secco dell'anno, ma anche per operare al vertice del sistema allo scopo di diminuire l'uso delle termiche mosse da derivati del petrolio.

In questi termini, dovuto al molteplice uso del gas naturale, è consigliabile che alla base di una politica energetica nazionale, si stabilisca anche una politica energetica basata sull'uso del gas che stabilisca delle priorità d'uso di questa risorsa energetica futuramente abbondante e dia le direttive per la coordinazione tra le catene energetiche coinvolte.

II.2 Bioelettricità e agroenergia

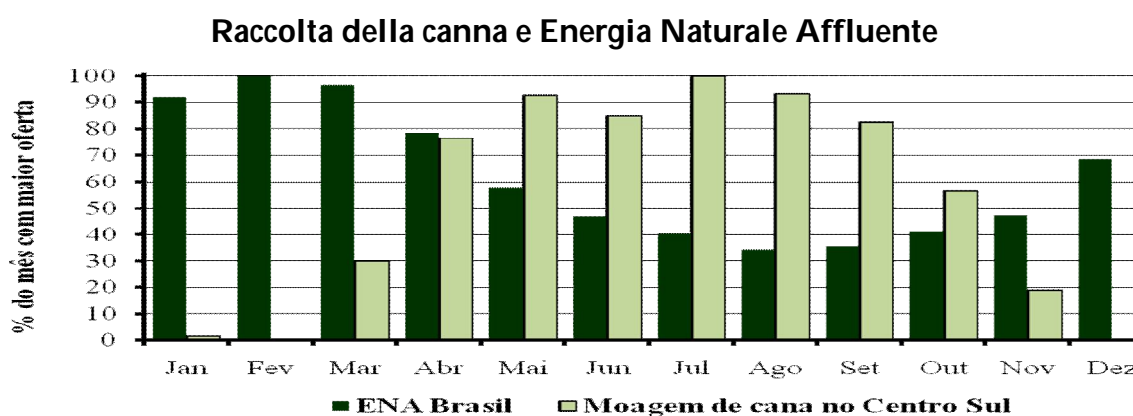
L'elettricità prodotta nelle centrali saccarifere è per definizione un processo efficiente e sostenibile in termini ambientali e trattandosi di una produzione di energia a partire dalla biomassa residuale della produzione di etanolo e di zucchero utilizzando il processo di co-generazione. Le centrali del settore saccaro-energetico sono storicamente autosufficienti in termini energetici, soddisfacendo la domanda di energia meccanica, elettrica e termica a partire dalla combustione della bagassa di canna da zucchero. Durante molti anni, dovuto all'impossibilità di commercializzare gli eccedenti di energia elettrica e alla necessità di dare una

¹⁰ A produção de 1 MWh a partir de gás natural emite 400 kg a partir do ciclo combinado e 440 kg de CO₂ em ciclo aberto. Por sua vez, uma usina a óleo emite 550 kg de CO₂ e uma térmica a carvão 800 kg de CO₂ para a produção da mesma quantidade de energia.

destinazione al residuo del processo produttivo di zucchero e etanolo, fu scelta l'opzione di usare una tecnologia di co-generazione di bassa efficacia, con l'obiettivo di massimizzare la combustione della bagassa. Perciò, la riforma del settore elettrico a partire dal 2004 e il ciclo espansivo del settore saccaro-energetico hanno creato le condizioni favorevoli alla realizzazione di investimenti in piante di co-generazione più efficienti dal punto di vista energetico con l'obiettivo di commercializzare la bioelettricità direttamente nel settore elettrico.

Nell'ottica del settore elettrico, l'importanza principale della bioelettricità saccaro-energetica è la propria complementarità intrinseca con il parco idroelettrico. La stagione saccaroenergetica nella Regione Centro-Sud, comincia tra maggio e novembre, coincidendo con il periodo secco della regione. La generazione di bioelettricità rappresenta in maniera obiettiva un "risparmio" di acqua nei bacini idrici. Questa complementarità può essere comprovata attraverso il grafico 5.

Gráfico 5



Fonti: Elaborazione GESEL-UFRJ con base nei dati storici operazionali del 2008 (ENA) della ONS e dalla fresatura della canna durante la raccolta 2007/2008 nel Centro-Sud sistematizzato dalla UNICA.

Il potenziale di generazione di bioelettricità nei prossimi anni sarà funzione della tecnologia impiegata e della disponibilità della biomassa. In termini di paradigma tecnologico, le piante con l'intento di garantire appena la sua autosufficienza energetica impiegano la tecnologia di contro pressione con caldaia a bassa efficienza capaci di generare circa 15 kWh, sufficiente soltanto a soddisfare il consumo di energia elettrica della pianta. In contrasto, la tecnologia di extra condensazione con caldaie a maggior pressione, che viene usata in nuovi progetti, è capace di generare 80 kWh eccedenti di energia elettrica per tonnellata di canna processata usando praticamente la stessa quantità di bagassa che le piante a bassa pressione. D'altra parte, se si considera la possibilità di usare la paglia che attualmente non è raccolta, la generazione di energia elettrica eccedente con questa tecnologia più efficiente, potrà raggiungere valori prossimi a 200 kWh per tonnellata di canna.

Per quanto riguarda la disponibilità di biomassa, il ciclo espansivo del settore saccaroenergetico basato essenzialmente sulla crescita del mercato interno di etanolo con la diffusione dei veicoli *flex fuel* a partire dalla fine del 2003, garantisce un'offerta crescente di biomassa da canna da zucchero. D'accordo con KITAYMA (2008), nella raccolta del 2020/21 si stima che si dovranno essere processate circa 1 miliardo di tonnellate di canna da zucchero. A questa espansione si somma un'offerta addizionale di biomassa oriunda proveniente dalla fine graduata della pratica della combustione della canna da ¹¹ e l'adozione della raccolta meccanizzata. Questo movimento permetterà l'approfittamento della paglia come risorsa energetica.

¹¹ Le centrali pauliste hanno firmato un protocollo agro-ambientale con il governo dello Stato anticipando la fine della pratica della combustione per il 2014. Attualmente il 50% della raccolta è già meccanizzata.

Con base nei presupposti di uso della tecnologia di extra-condensazione e di uso del 75% della bagassa e 50% della paglia disponibile, è possibile stimare il potenziale teorico della bioelettricità saccaroenergetica per i prossimi anni, conforme la Tabella 3

Tabella 3
Stimative del potenziale di Bioelettricità da Agroenergia
(in milioni di Ton e MWmed)

Raccolta	Canna (em milioni di tonnellate)	Potenziale di Generazione (in MWmed)
2012/13	696	9.642
2015/16	829	11.484
2020/21	1038	14.379

Fonte: Elaborata dal GESEL-IE-UFRJ a partire dei dati dell' UNICA.

Nel frattempo, è importante esaminare con cautela la percentuale del potenziale teorico che di fatto potrà essere viabilizzato e trasformato in bioelettricità.

Si spiega : le nuove centrali che utilizzano la bagassa già pensano a una commercializzazione della bioelettricità nel suo piano di affari e investono in piante di co-generazione di extra-condensazione con caldaie di alta pressione e costruiscono piante di produzione di etanolo e di zucchero efficienti in termini di consumo energetico. Quindi, gran parte della fresatura avviene nelle piante antiche che non sono in grado di produrre eccedenti di energia elettrica. Esse possiedono piante di co-generazione che continueranno a produrre energia per la propria autonomia ancora per molto tempo. In questa maniera, la viabilizzazione del

potenziale di generazione di bioelettricità in queste centrali dipenderà basicamente da due variabili :

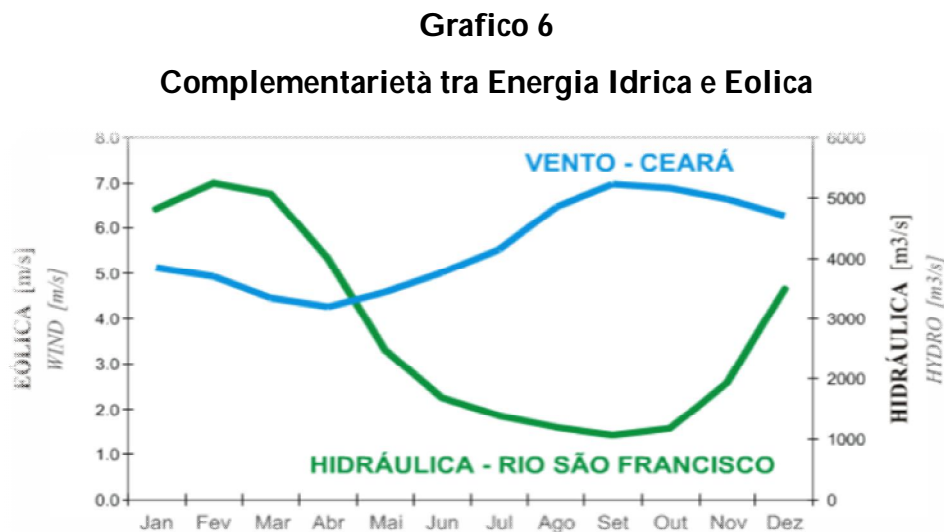
- i. Il processo di riorganizzazione e concentrazione industriale che occorre nel settore e/o
- ii. Dalla formulazione di una politica pubblica, includendo, specialmente, linee specifiche di finanziamento del BNDES.

L'effettiva viabilizzazione del potenziale di generazione di bioelettricità a partire dal bagasso è rilevante per il settore elettrico brasiliano essenzialmente per essere una fonte di energia con capacità di operare alla base del sistema durante tutto il periodo secco dell'anno. Quindi l'elettricità generata a partire dalla biomassa residuale della produzione di etanolo e zucchero possiedono altri vantaggi per il settore elettrico, tra i quali, essere una fonte distribuita da gran parte delle centrali prossime a un centro di carica, e essere un'energia esenta da carbonio.

Le aste di energia nuova del tipo generico, realizzate nella modalità di contrattazione A-3 e A-5 non hanno dato il debito valore alla bioelettricità in funzione di deficienze metodologiche conforme menzionato anteriormente. La soluzione adottata dalle autorità governative è stata la realizzazione di aste di energia di riserva come quelle realizzate nel 2008 esclusivamente per la bioelettricità. Di fatto, aste specifiche dove la competizione si da intra-fonte e non inter-fonte sono più efficienti, nella maniera che riescono a comparare piante e energie con la stessa caratteristica

II.3 Energia Eolica

Come la bioelettricità da canna da zucchero, così l'energia eolica è una fonte di energia intrinsecamente complementare al regime idrico. I venti sono più intensi e regolari giustamente nel periodo secco dell'anno. Questa complementarietà è illustrata nel grafico 6 attraverso l'esempio del regime idrico del fiume São Francisco.



Fonte: TORRES (2009)

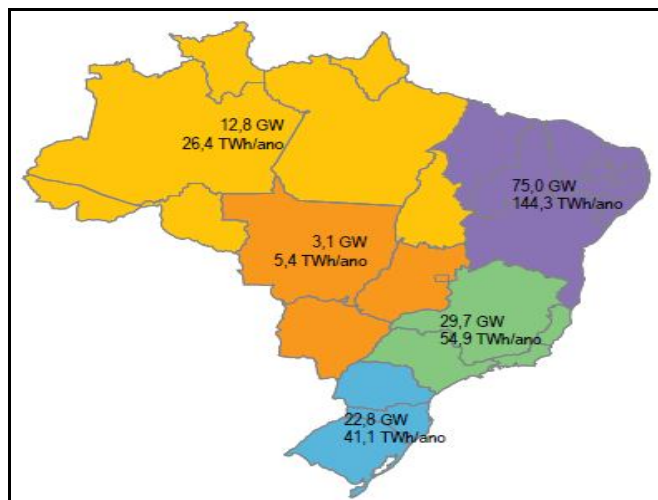
Il potenziale eolico brasiliano è stimato in più di 143.000 MW¹². Più della metà del potenziale di generazione eolica si concentra nella regione Nord-Est. Anche le regioni Sud-Est e Sud presentano delle condizioni significative per il potenziale eolico, conforme si evidenzia nella Figura 1. E' necessario sottolineare, che questi dati non includono il potenziale eolico *offshore*.

¹² Questi dati sono stati stimati con torri di 50 metri di altezza. Data la possibilità di essere usate torri più alte, questi dati possono essere rivisti. Le stime preliminari a 100 metri indicano un potenziale superiore a 300 GW.

Figura 1

Potenziale eolico Brasiliano. 2007

(in GW e TWh/anno)



Fonte: Aneel (2008).

Le risorse eoliche, come qualsiasi fonte naturale di energia, sono irregolari e non possono essere controllate. In questa maniera, è necessario un parco generatore con capacità installata considerevolmente superiore alla domanda di punta del sistema. Il Brasile possiede già una capacità di riserva dovuto alla necessità di un parco generatore essenzialmente idroelettrico di disporre di una capacità installata tanto idrica quanto termica, superiore alla domanda di punta. In questa maniera il Brasile possiede una condizione favorevole all'inserimento dell'energia eolica nella maniera in cui non possiede la necessità di costruire o remunerare centrali termiche di *backup* che i paesi dell'Unione Europea possiedono, per esempio.

Nonostante ciò, dobbiamo sottolineare che, sebbene il potenziale eolico brasiliano sia significativo, c'è una complementarità intrinseca alla risorsa eolica e il sistema di *backup* già montato, esistono limitazioni all'inserimento di questa fonte nel sistema elettrico per ragioni di ordine elettrico, principalmente per l'Operatore

Nazionale di Sistema (ONS) provenienti dal carattere intermittente della risorsa eolica.

D'altro lato, è importante considerare che, in contrasto con le centrali di bioelettricità, il potenziale eolico si localizza distante dai centri di carica, rendendo necessario l'investimento nel sistema di un rafforzamento della rete. Questa variante dev'essere incorporata nell'analisi della competitività dei progetti.

L'inserimento dell'energia eolica nella matrice elettrica brasiliana, si giustifica per la sua complementarietà al regime fluviale. Oltre a ciò, è necessario menzionare che è una fonte di energia che non emette gas di effetto serra. In questo senso, assieme alle termiche a gas naturale e la bioelettricità, ha un carattere prioritario nella complementazione del parco idrico brasiliano.

II.4 Energia Nucleare

Di fronte alla sfida di garantire la sicurezza dell'offerta di energia e, allo stesso tempo, mitigare gli effetti del riscaldamento globale, l'energia nucleare torna a far parte di studi e analisi nel piano energetico di molti paesi. La rilevanza della generazione elettrica a partire dalle risorse nucleari si dà principalmente dall'elevata densità energetica¹³ di questa risorsa e per la mancata emissione di gas serra.

Il Brasile detiene una delle sei maggiori riserve di Uranio nel mondo prospettato intorno al 50% del territorio nazionale. D'altra parte, costituisce un complesso industriale che involve lo sviluppo di tecnologia propria di arricchimento di uranio. Specificamente, in relazione al sistema elettrico, l'energia nucleare presenta un carattere inflessibile compatibile con la necessità crescente di

¹³ 10 grammi di uranio possiedono energia equivalente a 1.200 kg di carbone.

complementare la generazione idrica brasiliana durante tutto l'anno, offrendo energia anche durante la stagione umida, anche quando si avrà la tendenza a un eccesso di offerta.

In questa maniera, la generazione nucleare è un'opzione che non può essere scartata, nell'espansione del parco brasiliano, ma che, data l'offerta crescente di gas naturale, bioelettricità e energia eolica, non sembra costituire una priorità per il settore elettrico. D'altronde, dal punto di vista dello sviluppo tecnologico, questa fonte di energia elettrica può essere valorizzata in una politica di costruzione strategica di costruzione di nuove centrali nucleari.

II.5 Carbone

Le centrali termoelettriche a carbone in termini strettamente economici, sono una buona alternativa all'espansione del sistema elettrico brasiliano. Esse hanno un costo variabile inferiore a ciò che si è verificato nelle termiche mosse da altri combustibili fossili e sono adeguate a operare alla base del sistema come complemento alla generazione idrica. In comparazione alle centrali a gas naturale, le termiche a carbone possiedono il vantaggio dello stoccaggio del carbone. Quindi, nell'analisi delle prospettive delle termiche a carbone, non si può ignorare il fattore ambientale, nella maniera in cui esse rappresentano un impatto ambientale considerabile. Gli impatti ambientali del carbone non si restringono soltanto all'emissione di gas a effetto serra, ma anche impatti ambientali locali, tra i quali l'emissione di particolati SO_x e NO_x .

Quando si analizza la tecnologia di carbone "pulito", non ci si riferisce appena alla questione dell'emissione di CO_2 , ma anche agli agenti inquinanti locali e all'introduzione di meccanismi che controllano questi agenti. Essi rappresentano

un forte impatto negativo nella economicità della termoelettrica a carbone, il che significa un aumento medio del costo di investimento del 15% .

In questo senso, l'inserimento di queste centrali nella matrice elettrica brasiliana rimane condizionata all'avanzo tecnologico del carbone pulito diminuendo i suoi costi d'investimento e aumentando così la sua competitività in relazione alle altre fonti.

II.6 Olio Combustibile

Le centrali termoelettriche mosse a olio combustibile, si caratterizzano per un elevato costo del carburante. Questo tipo di impresa è adeguato soltanto per operare nelle ore di punta. Come esaminato nella sezione precedente, le ultime aste di energia nuova, contrattarono un montante significativo delle termiche mosse a carburante per ragioni metodologiche nei calcoli dell'ICB –Indice Costo Beneficio- e non per la sua competitività intrinseca.

Questo tipo di centrale dev'essere scartata dal processo di espansione del settore elettrico brasiliano. I suoi costi variabili sono incompatibili con la generazione alla base de sistema durante il periodo secco, una tendenza che divrà prevalere con l'evoluzione progettata del parco idrico brasiliano. Anche se si opera nella punta, la contrattazione di questo tipo di centrale in contrasto con le centrali a gas naturale, possiedono impatti ambientali ad essere questionati.

III- Considerazioni Finali

La matrice elettrica brasiliana si trova in un periodo di transizione, evoluendo di maniera che una configurazione dove le risorse idriche erano responsabili per la quasi totalità dell'energia durante tutto l'anno per una configurazione dove sarà

necessaria la diversificazione del parco generatore brasiliano, soprattutto con una complementazione a generazione idrica durante tutto il periodo secco.

Questa evoluzione è necessaria essenzialmente dovuto all'impossibilità di ostruire nuovi bacini idrici capaci di regolarizzare l'offerta di energia durante tutto l'anno.

Tra le fonti di possibile inserimento nella matrice energetica per complementare la generazione idrica, si distaccano per ordine d'importanza strategica, economica e ambientale, le centrali termiche a gas naturale, bioelettricità da canna da zucchero e l'energia eolica, devono essere priorizzate principalmente a causa della operabilità alla base in forma efficiente nel periodo secco, aiutando a risparmiare acqua nei bacini idrici

L'energia nucleare non può essere considerata un'opzione scartabile, ma non costituisce un'alternativa prioritaria poiché si ha in vista l'affermazione dell'indipendenza tecnologica del Brasile. Investimenti in termiche a carbone esigono che i progetti contemplino meccanismi di controllo degli agenti inquinanti locali e la sua competitività dipenderà dall'aumento di produttività conseguenti dall'evoluzione tecnologica E infine, nuove costruzioni a olio combustibile devono essere scartate dovuto al forte impatto ambientale e al suo elevato costo.

Infine, merita attenzione particolare, il processo di evoluzione di rimodernamento che la politica energetica brasiliana sta attuando. Un esempio obiettivo e concreto di questo processo può essere incontrato nelle termiche a olio. L'aumento della partecipazione delle centrali termiche a olio nella matrice verificatosi nel 2006 al 2008, e conseguentemente progettata per l'asta del 2009, si è verificata in occasione in funzione di problemi metodologici nelle regole delle aste. Le autorità del settore coscienti di questo problema e principalmente dei risultati negativi sulla matrice. Il piano nazionale decennale -PND 2019-, recentemente pubblicato dalla EPE (

Impresa di Ricerca del Settore Elettrico), indica chiaramente che questo errore non si ripeterà, conforme può verificarsi una relativa diminuzione delle centrali a olio e l'aumento delle energie rinnovabili, idroelettriche, biomassa e eolica. In questo senso esiste un chiaro segnale che le aste generiche saranno evitate e che saranno realizzate aste specifiche per fonte con regolarità, il che sarà uno stimolo per gli imprenditori che potranno pianificare gli investimenti e attuare di forma più strutturata nelle prossime aste.

Referenze Bibliografiche

ANEEL. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. 3ª. Edição. Brasília, 2008.

CASTRO, Nivalde José; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. *Considerações sobre a Ampliação da Geração Complementar ao Parque Hídrico Brasileiro*. Texto de Discussão n. 15. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

CASTRO, Nivalde José; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. *A Seleção de projetos nos Leilões de Energia Nova e a questão do valor da energia*. Mimeo. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2009.

CASTRO, Nivalde José; DANTAS, Guilherme de A; BRANDÃO, Roberto; LEITE, André Luiz da Silva. *Bioeletricidade e a Indústria de Álcool e Açúcar: possibilidades e limites*. Synergia. Rio de Janeiro, 2008.

CORRÊA NETO, V; RAMON, D. *Análise de Opções Tecnológicas para Projetos de Co-Geração no Setor Sucroalcooleiro*. Setap. Brasília, 2002.

COSTA, Rafael Vale; CASOTTI, Bruna Pretti; AZEVEDO, Rodrigo Luiz Sias. *Um Panorama da Indústria de bens de Capital Relacionados à Energia Eólica*. BNDES. Rio de Janeiro, 2009.

DANTAS, Guilherme de A; CASTRO, Nivalde José de. *O Uso do Bagaço e da Palha: Bioeletricidade ou Etanol Celulósico?* In: I Workshop do INFOSUCRO sobre Impactos Econômicos e Tecnológicos da Indústria Sucroalcooleira no Brasil. Rio de Janeiro, Novembro de 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. *Plano Decenal de Expansão de Energia PDE 2019*. Rio de Janeiro, 2010.

GABRIELLI, J. S. *Perspectivas e necessidades de novos investimentos na produção de petróleo*. Apresentação no Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social. Rio de Janeiro, Junho de 2009.

GOLDENBERG, P; GUERRA, F. *Inovação na Geração de Energia Elétrica a Partir do Bagaço de Cana*. In: I Workshop do INFOSUCRO sobre Impactos Econômicos e Tecnológicos da Indústria Sucroalcooleira no Brasil. Rio de Janeiro, Novembro de 2008.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. *Global Wind 2008 Report*. Bruxelas, 2009.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Key World Energy Statistics*. Paris, 2008.

KITAYAMA, Onorio. *Bioeletricidade: perspectivas e desafios*. In: III Seminário Internacional do Setor de Energia Elétrica – GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2008.