

La Utilización de la Simulación para auxiliar el Proceso de Planeamiento Estratégico – Estudio de caso para el Segmento Exploración y Producción del Área Internacional de la Petrobras.

Eduardo Cavalcanti Guimarães¹

Rodrigo Costa Lima e Silva¹

Maria Augusta Soares Machado¹,

ecguima@petrobras.com.br

rodrigoclima@petrobras.com.br

mmachado@ibmecrj.br

¹ Faculdade IBMEC-RJ - Av Rio Branco 180, Rio de Janeiro, RJ – Brasil

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es presentar un mecanismo que integre la visión de los resultados a largo plazo con las operaciones efectuadas en el segmento de Exploración y Producción (E&P), del Área Internacional de la Petrobras. Con eso es posible auxiliar el proceso estratégico, permitiendo análisis y revisiones que lleven a la selección de aquella que posibilitará elegir la mejor alternativa para sus negocios, a partir de la construcción de un modelo de simulación, basado en la cadena de valor, fue posible mostrar adecuadamente el funcionamiento del negocio, dentro del referido segmento, destacando las principales variaciones consecuentes del impacto de un cambio en sus parámetros, dentro de los cuales se destaca el precio internacional del petróleo (Brent Dated). Por tanto, se pasa a contar con una poderosa herramienta para ayudar en el proceso de planeamiento estratégico de la compañía, auxiliando la toma de decisión.

1. INTRODUCCIÓN

En un mercado cada vez más competitivo y globalizado, donde las incertidumbres y los desafíos están volviéndose más complejos, la estrategia se vuelve la principal fuente de alternativas para el buen posicionamiento de la empresa y la garantía de un crecimiento auto-sustentable.

En la industria del petróleo no es diferente y las acciones estratégicas pueden llevar a ganancias extremadamente positivas o pueden, también, ser responsables por imponer a las empresas pérdidas vultuosas, que comprometan la salud financiera de las mismas y coloquen en riesgo su actuación a largo plazo. Un buen ejemplo de eso es el desempeño alcanzado por la empresa Shell, cuando la comparamos con las principales concurrentes del sector. Gracias a su eficiente proceso de planeamiento estratégico, en un período de grandes incertidumbres, donde la industria pasó a convivir con precios internacionales más altos para el petróleo (Brent), ella fue capaz de responder rápidamente a esas nuevas condiciones de mercado, ajustando sus inversiones y aprovechando mejor las oportunidades para alcanzar sus ganancias (HEIJDEN, 2004).

Ese mercado es caracterizado por el predominio de pocas empresas y por riesgos extremadamente elevados, especialmente en el segmento de Exploración y Producción que imponen una importante barrera de entrada y exigen un volumen de recursos alto para la realización de cualquier inversión, en una de sus actividades relacionadas.

Conforme fue explicitado por SANTOS (2003), la hegemonía americana de post-guerra y las características de su industrialización, a lo largo de las décadas de 1950 y 1960, hizo que el petróleo se solidificase como la principal fuente energética del planeta, provocando un impresionante aumento tanto en su demanda, como en la oferta. Lo que convirtió a la industria globalizada, ya en aquella época, e hizo crecer aún más su importancia económica, pues las empresas de ese sector pasan a representar uno de los principales mecanismos de obtención del crecimiento sustentable para las naciones.

Al resaltar tal importancia de las empresas del sector, pasa a existir una mayor necesidad de trabajar con un pensamiento estratégico eficiente, que ayude en el proceso decisivo e indique una utilización óptima de los recursos financieros disponibles, dentro de una visión a largo plazo, permitiendo anticipar el comportamiento de los negocios, en los diferentes escenarios considerados, compatibilizando su actuación con los objetivos de minimización de los elevados riesgos, de garantía de la sobrevivencia y de potencialización de los retornos futuros de la empresa.

1.1. LA EVOLUCIÓN DE LA ESTRATEGIA EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO

El petróleo viene manteniéndose como la fuente energética más utilizada por los países para soportar sus industrias y por eso tiene un peso muy fuerte en el proceso de crecimiento económico de las naciones. Lo que muestra su importancia estratégica e influencia en la manutención de un nivel de demanda creciente por el producto, dejando a las empresas del sector en una situación de mercado bastante confortable. Durante mucho tiempo ellas programaban sus actividades con base en un crecimiento endógeno constante sin llevar en consideración cualquier alteración de escenario, como un cambio brusco de precios.

Con todo ello, con los choques del petróleo ocurridos en la década de 1970, las características de la industria se alteraron considerablemente y las empresas pasaron a enfrentar un ambiente desconocido y con elevado grado de incertidumbre, que exige alta capacidad de adaptación a las nuevas condiciones impuestas y respuestas adecuadas, en tiempo hábil, sin comprometer los objetivos de crecimiento y lucratividad. O sea, las compañías petrolíferas pasan a enfrentar una nueva realidad, significativamente diferente de aquella existente en el pasado, para la cual no existe otra opción sino la de estudiar escenarios alternativos para el futuro y prepararse bien para responder a ellos.

Actualmente la situación de competición se volvió aún más fuerte, pues nuevas fronteras de producción aumentaron la fuerza de algunos países, -dentro de los cuales se destaca Rusia, poseedora de la segunda mayor reserva de petróleo del mundo-, que pasaron a influenciar el nivel de precios y trajeron un mayor grado de incertidumbre a la actividad.

Con eso se tiene la necesidad de realización de una buena estrategia, conforme lo defendido por HEIJDEN (2004), pues una respuesta rápida de la organización es una variable fundamental para su crecimiento y sobrevivencia. Al final, reaccionar lento a los cambios del ambiente cuesta muy caro puede comprometer la efectividad de las empresas, especialmente en la industria petrolífera donde cualquier acción de inversión significa inmovilizar altas sumas de dinero.

HEIJDEN (2004) refuerza, planteando, que pensar la estrategia significa valorar la idea de que es importante para las empresas definir anticipadamente y de forma clara hasta donde se desea llegar y cuáles acciones o políticas estratégicas deben ser utilizadas para alcanzar el fin propuesto. Estableciendo una práctica gerencial estructurada y eficiente, donde los gestores de todos los niveles pueden llevar en cuenta los propósitos a largo plazo en sus decisiones.

Así fue hecho por la empresa Shell, que realizando un planeamiento estratégico con uso de escenarios, puede responder rápidamente a un cambio en el patamar de los precios (choque del petróleo), transfiriendo sus inversiones de la actividad de refino para exploración y producción (E&P), afín de aprovechar sus mejores ganancias. Un ajuste que llevó, apenas, dos años para ser hecho y colocó a la empresa entre las mayores y más lucrativas del sector petrolífero mundial. Principalmente porque las demás concurrentes llevaron cerca de ocho años para absorber las alteraciones ocurridas en el mercado y corregir sus rumbos (HEIJDEN, 2004).

Por tanto, con los choques del petróleo ocurridos en los años 1973 y 1979, la industria pasa a tener que mirar hacia el futuro, pues el comportamiento pasado ya no explica el comportamiento de los negocios.

1.2. PETROBRÁS Y EL NUEVO AMBIENTE

La Petrobras fue creada por la ley N° 2.004, en el año 1953, por el entonces presidente Getúlio Vargas y tenía como objetivo principal representar una política del gobierno federal para el sector petrolífero, que influenciada por un apelo nacionalista, determinó el monopolio de las actividades de exploración y producción de petróleo, aparte de un control regulador del refino y de la distribución de derivados, que eran dominados por las multinacionales.

Después de su creación la empresa evolucionó sus actividades exploratorias obteniendo éxito con sus prospectos, en especial en el recóncavo bahiano. Con todo, ese desarrollo alcanzó el nivel de producción suficiente para garantizar el suplimento nacional de petróleo y de sus derivados. Lo que incentivó el principio de un proceso de internacionalización cuyo foco inicial era responder a esas limitaciones en la producción de petróleo y al ambiente competitivo del mercado internacional. Así fue creada en el año 1972 una subsidiaria: la BRASPETRO; con el interés de cuidar la expansión de los negocios de la compañía en el exterior, aprovechando las nuevas oportunidades surgidas en las áreas productoras, principalmente en los países del Oriente Medio.

La quiebra del monopolio de las actividades de exploración y producción de petróleo, aprobada por la lei N° 9478, del año 1997, hizo a Petrobras adoptar una postura más agresiva, dentro y fuera del país. Con eso fue definida una visión de futuro expansionista que incluyó inversiones en la ampliación de su posición en los mercados donde actúa y la apertura de nuevos negocios en países en los cuales la empresa posee activos, destacando la vuelta al Oriente Médio, donde están las mayores reservas de petróleo del mundo.

En 1999, la Petrobrás pasó por una reestructuración organizacional y la empresa BRASPETRO se convirtió en el área de negocios internacional, cuya tarea es impulsar los resultados de los activos en el exterior, privilegiando la rentabilidad de sus negocios y su lucratividad. El objetivo mayor pasa a figurar entre las compañías de petróleo más rentables del mundo, a través de la consolidación de su posición como la mayor empresa de petróleo de la América del Sur y del aumento en sus actividades dentro de las áreas internacionales más promisoras.

Portanto, el área internacional de la Petrobras pasa a enfrentar un desafío importante que es el de crecer en un ambiente mundial más competitivo, donde es esencial tener un planeamiento a largo plazo estructurado con un pensamiento estratégico de criterio y que permita a los gestores analizar las varias alternativas de acción, anticipando sus resultados y explicitando el desempeño de los negocios en función de cambios en la principal variable de la industria, que es el precio del petróleo en el mercado internacional (precio de mercado - BRENT DATED).

Dentro de esa nueva visión fue construído un modelo de simulación para la proyección de resultados a largo prazo, cuyo objetivo era permitir que la estrategia

definida por la compañía fuese testada, para el segmento E&P. Con esto, es imprescindible que el modelo construido sea una buena representación del sistema real, pues de ese modo los resultados corresponderán a informaciones de suma importancia que auxiliarán en el proceso de toma de decisión, dentro del proceso estratégico.

Vale resaltar que en un momento inicial los investigadores del Área de simulación estaban volcados hacia las contribuciones que podrían dar en el ámbito operacional de la empresa, testando, apenas, el funcionamiento de equipamientos, a través de la representación de las condiciones que sucederían en realidad.

Con la evolución de los negocios esa técnica pasó a ser vista como una alternativa para auxiliar el proceso de planeamiento estratégico de las empresas, permitiendo la visualización anticipada de los resultados, como respuesta a alteraciones promovidas en las variables clave (parámetros) del sistema estudiado. Lo que posibilita una gran economía de tiempo y recursos financieros y da más agilidad y confiabilidad al referido proceso (SILVA y KOPITTKKE, 2002).

2. SIMULACIÓN

2.1. ASPECTOS GENERALES

El mundo que nos cerca puede ser definido como un conjunto de sistemas o entidades (personas o máquinas), que actúan e interactúan juntos en dirección a algún fin lógico (SCHMIDT y TAYLOR, 1970). Esos sistemas despiertan interés con el pasar del tiempo y el estudio de los mismos representa la tentativa de adquirir conocimiento acerca de las relaciones que existen entre sus varios componentes, permitiendo, así, la previsión o estimación de los resultados cuando nuevas condiciones (parámetros) son consideradas.

Inicialmente, la primera alternativa para estudiar el comportamiento del mundo real es a través de la alteración directa de los datos físicos de un determinado sistema, haciendo-o operar sob nuevas condições, dispensando cualquier modelaje específico y trabajando con la realidad. A pesar de esto esa situación no es en la mayoría de los casos, factible, en función del riesgo que existe de desestabilizar el funcionamiento del sistema con la posibilidad de quebrar las reglas de funcionamiento.

Con el desarrollo experimentado por la ciencia a lo largo de los años, especialmente en lo se que dice respecto a los asuntos relacionados con la informática, se hizo posible estudiar com mayor profundidad los diversos sistemas que forman el mundo real.

De este modo es usual que se construya un modelo que sea una abstracción de un sistema real y que incluso con las inevitbles limitaciones signifiquen una representación de la realidad a ser estudiada, conteniendo sus aspectos más relevantes o cruciales (CHECCHINATO, 2002).

En algunos casos esos modelos pueden ser simples lo suficiente para ser resueltos por métodos matemáticos que usen ecuaciones diferenciales, teoría de las probabilidades u otros métodos matemáticos. En esa situación -se tiene un modelo analítico cuya solución consiste en uno o más parámetros numéricos, conocidos como medidas de performance. Esa situación es inusual y, por el contrario, representa una excepción. La gran mayoría de los sistemas existentes en el mundo real es mucho más complejo y de difícil solución matemática analítica, exigiendo un modelo de simulación que sea una representación numérica de esa realidad al o largo del tiempo.

Por tanto, después de definir y adoptar un modelo matemático, resta saber si este es suficientemente simple para permitir, a través de un trabajo fácil con sus relaciones y cantidades, una solución analítica exacta. O si el sistema es tan complejo que el modelo a ser desarrollado también se vuelve extremadamente complejo e inviabiliza ese tipo de respuesta analítica, incentivando la construcción de un modelo de simulación

que no es más que un ejercicio numérico donde las entradas de valores son cambiadas para ver como afectan los resultados, a partir de la comparación de medidas de desempeño establecidas.

La simulación es, por esa razón, la alternativa de modelaje más utilizada para representar los modelos conceptuales, pues a pesar de que la solución analítica sea preferible, ella es difícil y no existe para la mayoría de las situaciones, porque impone altos costos de tiempo y recursos para su utilización (WINSTON, 1996). De ese modo, incluso siendo una respuesta aproximada para los problemas y representando una imitación de la esencia de las operaciones de los sistemas existentes, a través de una estructura simplificada, los modelos de simulación corresponden a mejor alternativa para la generación de inferencias sobre el comportamiento de los sistemas estudiados y su performance, en respuesta a variaciones experimentadas en sus variables relevantes.

2.2. DEFINIÇÃO

La literatura de simulación es rica y fascinante y su historia comenzó con un artículo publicado en 1959 por Conway, Johnson y Maxwell que fueron los primeros en discutir conceptos de metodología en simulación. Un poco más tarde, en 1963, Conway continuó en la vanguardia y publicó un artículo en el cual definía de manera general las técnicas a ser utilizadas en un estudio de simulación. Técnicas estas que despertaran la atención de los estudiosos y fueran trabajadas de forma bastante inteligente y elucidativa en un artículo publicado por Naylor y Finger, en el año 1967.

A lo largo de los años los conceptos fueron madurando y actualmente existen varias definiciones para simulación, sin embargo en la mayor parte de ellas está presente la idea de que ella es una simplificación del mundo real, representando una aproximación de razonable precisión con relación al mismo, conteniendo en sí sus aspectos más importantes.

Un cuidadoso trabajo de concepción del modelo de simulación extrae lo más importante que existe en la realidad, focalizando el análisis en los aspectos cruciales y esenciales del funcionamiento de la misma. Con eso el usuario y el analista cuentan con una estructura simple y manipulable que puede ser pasible de utilización en cualquier tiempo.

ROBERT E. SHANNON (1975) definió la simulación como un proceso de desarrollo de un modelo que represente un sistema real y conduce a experimentos con este, con el propósito de comprensión del comportamiento de este sistema o para la evaluación de las varias estrategias (dentro de los límites impuestos por un criterio o un conjunto de estos) de operación del mismo.

KNEPELL y ARANGNO (1993) definen la simulación como una tentativa de modelar el mundo real, reduciéndolo a una estructura más simple (modelo), que corresponde a una representación limitada de la realidad y visa atender los propósitos claramente definidos para el estudio o aplicación.

NAYLOR (1971) decía que la simulación es una técnica numérica para la realización de experiencias en un computador digital, las cuales utilizan ciertos tipos de modelos lógicos que describen el comportamiento de un sistema económico o de negocios (o un aspecto parcial de uno de ellos) sobre intensos intervalos de tiempo.

FISHWICK (2004) afirma que simular es lo mismo que crear objetos artificiales y papeles para ellos representar, usando los computadores para que eso sea posible. De esa forma el ambiente real es sintetizado, creándose el mundo virtual que va a representarlo. El grado de detalle de esa representación va a depender de las salidas del modelo, pues cuanto más detalladas fueran estas mayor será el nivel de detalle del modelo.

Para FISHMAN (1996) la simulación es un experimento muestra realizado con el uso del computador. Cualquier simulación corresponde a un modelo que involucra valores desconocidos, los cuales pueden variar aleatoriamente y pertenecen a una muestra poblacional apropiada.

Saliendo del aspecto técnico de esas definiciones y volviéndose un poco más hacia el mundo de los negocios, donde la toma de decisión es un aspecto extremadamente relevante en el día a día de las empresas, la simulación ofrece un mayor confort a los gestores que pueden antever los resultados de las acciones sin comprometer recursos de la institución.

De esa manera REBSTEN y CHUSIL (1999) definen simulación como “un fac-símile de la realidad (...)” que “visa mostrar lo que ocurriría si las condiciones presupuestas se dieran en la realidad”. Esa posición es reforzada cuando también afirman que “(...) las simulaciones competitivas ofrecen a los gerentes una alternativa para adquirir la experiencia necesaria antes de hacer el test. Permiten que las empresas “vivan” experiencias competitivas sin precisar comprometer dineros y esfuerzos”.

MARTINELLI (1987) refuerza esa idea y en su definición resalta las economías con el uso de la simulación, a través de un análisis ex ante, afirmando que “la simulación es un medio de experimentar ideas y conceptos bajo condiciones que estarían más allá de las posibilidades de ser testadas en la práctica, debido al costo, demora o riesgos envueltos”.

Así mismo vale la pena destacar que la definición de simulación debe considerar la utilidad y que por eso la construcción de esos modelos debe ser cubierta de cuidados, especialmente en lo que respecta a la definición de los parámetros y de las variables de entradas, con sus respectivas distribuciones, para que los resultados no representen una pérdida de tiempo y lleven a conclusiones que no corresponden a la realidad.

En este sentido la observación de KOPITKE y CASAROTTO FILHO (1998) es de extrema importancia, pues ellos afirman que “la simulación es un arma poderosa, pero debetenerse mucho cuidado a definir tipos y parámetros de distribución de cada variable, bajo pena de obtener resultados totalmente inútiles”.

PIDD y CASEL (1998) definen de forma bastante amplia el concepto de simulación y abordan los varios aspectos asociados a su definición, afirmando que “la simulación permite que se verifique el funcionamiento de un sistema real en un ambiente virtual, generando modelos que se comporten como aquel, considerando la variabilidad de los sistemas y demostrando lo que acontecerá en la realidad de forma dinámica. Esto permite que se tenga una mejor visualización y un mejor entendimiento del sistema real, comprendiendo las inter-relaciones existentes en el mismo, evitando así que se gaste dinero, energía y hasta la moral del personal en cambios que no traigan resultados positivos”.

2.3. CLASIFICACIÓN

Después de la definición de simulación es importante mostrar que esos modelos de simulación pueden ser clasificados de diferentes maneras en función de características y relaciones que existen para los diversos sistemas existentes en el mundo real.

De ese modo se tiene que los modelos de simulación pueden ser clasificados en función de la influencia del tiempo en sus resultados, de la característica (aleatoriedad o no) de sus variables de entrada y como esas variables cambian a lo largo del tiempo (en “saltos” en el tiempo o de modo continuo).

A seguir están discriminadas las principales características de un modelo de simulación y sus respectivas definiciones:

Estático o Dinámico → definición obtenida a partir del análisis de la variación de los resultados en función del tiempo. Cuando en el hubiera influencia del tiempo, el modelo será Estático. En caso contrario, habiendo interferencia del tiempo en los resultados, el estudio será basado en un modelo Dinámico;

Determinístico o Estocástico → está relacionado con la característica de las variables de entrada y de los resultados. Si un modelo presenta cualquier componente probabilístico, puede ser calificado como Determinístico. En él las cantidades de entrada y las relaciones en el modelo han sido especificadas y generan un resultado determinado. A su vez, los modelos Estocásticos producen resultados que en sí son aleatorios y deben ser tratados como estimados de características verdaderas del modelo;

Discreta o Continua → depende de la definición de evento como una ocurrencia instantánea que puede alterar la definición de un sistema. El modelo es Discreto cuando con la alteración de los parámetros, las variables de análisis cambian inmediatamente, en puntos separados del tiempo. Lo que, conforme LAW y KELTON (1991), significa que matemáticamente se puede decir que el sistema cambia solamente en un número de puntos contables en el tiempo. A su vez, cuando la alteración de los parámetros provoca un cambio en las variables en puntos incontables en el tiempo, entonces el modelo en cuestión es definido como Continuo. Vale resaltar que escoger si será usado un modelo discreto o continuo depende de las características del sistema y del objetivo del estudio. O sea, no todo modelo de simulación discreta es utilizado para sistemas discretos, así como no todo modelo de simulación continuo es usado para sistemas continuos.

Basado en las definiciones de arriba puede clasificarse el modelo de simulación usado en el presente estudio, como siendo Estático (no presenta variación de sus resultados en función del tiempo), Determinístico (sin probabilidad asociada) para las variables de entrada (y salida) y que tiene una naturaleza Discreta, pues estas se alteran solamente en un número de puntos contables en el tiempo.

2.4. ETAPAS

El trabajo de simulación exige un modelaje, por ello ese ejercicio asocia tanto arte como ciencia (PRITSKER, 1998), dando a quien lo desarrolla la posibilidad de crear varias soluciones alternativas. A pesar de la libertad que está asociada a ese trabajo existe una orientación general acerca de los pasos que deben ser tomados cuando de la realización de un estudio de ese tipo, conforme afirma MORRIS (1967): “Aunque no sea posible dar un conjunto de instrucciones que llevar a la construcción de un modelo apropiado y de éxito para todo los casos, existen algunas líneas generales que pueden ser seguidas”.

El arte de modelar está directamente asociada a la habilidad de abstracción de los principales aspectos de un problema, pues el conocimiento de la esencia de un sistema permitirá el alcance de los objetivos pretendidos sin imponer costos innecesarios en su construcción y desarrollo.

Para obtener éxito en la construcción de un modelo de simulación BANKS et al (2001) propone una directiva general y destaca once pasos específicos, los cuales a pesar de no representar una secuencia rígida a ser seguida influyen en su performance y contribuyen para alcanzar los fines propuestos con este tipo de trabajo.

Además de esas reglas o etapas a ser cumplidas es de suma relevancia considerar en la construcción la participación del usuario final. Si este es involucrado en todas las fases y comprende bien la naturaleza del modelo, sus suposiciones y resultados, es más probable que su implementación sea más fácil y presenta mayores posibilidades de éxito (PRITSKER, 1995).

En suma, un buen modelaje de simulación puede ser dividido en cuatro grandes fases o etapas: a) diseño general, con la formulación del problema y la definición de los objetivos del estudio; b) construcción del modelo y colecta de datos; c) funcionamiento del modelo; y d) implementación.

El comienzo de un estudio de simulación se da por la clara definición de un problema, pues ese paso lleva al entendimiento de cuales cuestiones deben ser respondidas por el estudio y si la metodología de la simulación es la solución más apropiada. Es importante destacar que la definición del problema debe ser bastante específica, a partir de un análisis amplio del mismo, en el estado basada en suposiciones erróneas.

En seguida es esencial que se esclarezcan los objetivos (propósitos) del modelo para que sea posible orientar de modo claro su construcción, definiendo cuestiones relacionadas con su grado de complejidad y sus límites. Por tanto, es extremadamente importante establecer un blanco, ya que la simulación es libre, para permitir innumerables alternativas de solución que si en el fueran bien trabajadas pueden dificultar el estudio llevando a un nivel tal de complejidad que inviabilice su solución con los recursos disponibles.

Después de esos pasos se inicia la fase de construcción del modelo que comienza con la su definición conceptual, engloba los aspectos relacionados con la recopilación de datos, con la traducción del modelo conceptual en un modelo computacional y culmina con los trabajos de verificación y validación del modelo. Pasos fundamentales que afectan su grado de complejidad e influyen directamente en los costos a ser incurridos a lo largo de todo el proceso.

Resaltándose que describir la realidad respetando los objetivos pretendidos con la simulación representa una tarea de bastante relevancia y complejidad, ya que interpretar el mundo real significa buscar una definición conceptual que muestre la su esencia, estableciendo lo que hará parte del modelo y que no constará en el diseño de la aplicación propuesta. Al final, no es posible establecer una conexión perfecta entre todos los elementos del modelo y del sistema estudiado (realidad), a través de la inclusión de todas las variables. Lo que cabe, destacar apenas aquellas que son esenciales para representar el su funcionamiento y que en hipótesis algunas pueden ser excluidas.

La identificación de las variables claves del sistema resalta los factores que más influyen en el comportamiento del mismo y exigen una definición clara y precisa, pues cualquier error de interpretación posibilitará comportamientos inesperados que impactarán fuertemente en los resultados y llevarán la construcción de modelos equivocados y sin aplicabilidad para el problema propuesto.

Siguiendo las "reglas generales" para la construcción de un modelo, después de identificar las variables clave es necesario que se tenga como describir el comportamiento de las mismas en el mundo real (CHECCINATO, 2002). Así será creado un patrón, a partir del cual se tiene una referencia y una base para las inferencias que proyecten los valores de salida en función (relacionados) del establecimiento de ciertos datos de entrada.

Esos datos de entrada, a su vez, consumen una grande parcela del tiempo total requerido para la realización de un estudio de simulación, siendo importante comenzar la ejecutar esa actividad en los niveles iniciales del proceso de modelaje, pues a partir de la definición de los objetivos pretendidos ya se puede tener una idea clara del tipo de información que será solicitada y como ella debe ser recopilada.

Con base en los objetivos ya definidos y con el desarrollo de las hipótesis que delimitan el estudio se tiene la construcción del modelo propiamente dicho. De esa manera es efectivada la salida del universo conceptual, donde es capturada la esencia de un determinado sistema y son definidas las reglas de su funcionamiento, e iniciada su

traducción en una estructura computacional cuyos conceptos corresponden a códigos de computador que deberán reflejar el trabajo de la fase anterior (modelo conceptual), mostrando el comportamiento esperado del sistema estudiado.

La verificación del modelo muestra si este presenta como se espera, funcionando conforme lo pretendido o si fue cometido algún error en las fases anteriores. Aquí es destacada alguna deficiencia o anomalía, la cual debe ser corregida para evitar que sean generadas conclusiones equivocadas sobre el desempeño del sistema. o sea, son realizadas acciones para impedir que la simulación lleve a una decisión costosa e ineficiente, por los errores lógicos existentes en el sistema (GAONA, 1995).

Es importante resaltar que en ese momento aún no hay garantía total de que el modelo represente el mundo real, pero se puede afirmar que, después de esta fase, el modelo está libre de errores de programación.

A fin de mostrar la adecuación del modelo de simulación al mundo real es indicado que se realice el trabajo de validación, a partir del análisis de los resultados obtenidos y de su comparación con los objetivos definidos en el inicio del estudio, respetando un grado relativo de precisión de la información, para mostrar si responde de forma apurada a las cuestiones específicas acerca del funcionamiento de la entidad o sistema estudiado.

Después de concluidas las etapas anteriores es preciso que sean determinadas las alternativas de simulación propuestas para el estudio, que formarán el diseño experimental del estudio y servirán de base para la producción y análisis de los resultados obtenidos. Destacando que, en caso de que sea necesario, en función de los análisis hechos, en esa fase pueden ser solicitadas rodadas adicionales con el objetivo de refinar el modelo y obtener una mejor previsión de las estimativas generadas para las medidas de performance, escogidas para analizar su grado de precisión.

Finalmente, se tiene la última etapa de un trabajo de simulación con la fase de implementación del modelo. Esa fase si divide en documentación y divulgación de los resultados, aparte de la implementación propiamente dicha.

El trabajo de documentación y divulgación de resultados debe ser dividido para considerar, primeramente, los aspectos técnicos relacionados con la estructura de programación de computador, que traduce el modelo conceptual, permite la realización de alteraciones en el futuro y construye una mayor confianza en el programa por parte de los usuarios y de los que toman la decisión. En segundo lugar, en esa fase debe ser permitido cambiar los parámetros para profundizar el estudio en las variables clave del modelo, verificando su comportamiento y las relaciones con las medidas de performance escogidas. el que se constituye en una excelente base para la realización de análisis sobre los resultados obtenidos para varios experimentos que pueden ser realizados.

2.5. APLICABILIDADE

2.5.1. CUANDO EL USO ES APROPIADO

El desarrollo de lenguajes de simulación específicas, el aumento espantoso en las potencialidades del uso de los computadores y los avances en su metodología, hicieron de la simulación una de las herramientas más utilizadas en el campo de la pesquisa operacional y del análisis de sistemas.

A lo largo de los últimos treinta años varios autores vienen discutiendo acerca de su aplicabilidad, resaltando bajo cuales circunstancias esa herramienta es más apropiada y cuando su uso debe ser evitado. Dentro de los aspectos que más justifican su uso están los siguientes (BANKS et al, 2001): a) a través de la simulación es posible el estudio de un complejo sistema y sus iteraciones; b) cambios de información, organizacional, y de ambiente pueden ser simulados y los resultados observados y

analizados en el comportamiento del modelo; c) el conocimiento adquirido en el proceso de simulación podrá auxiliar en la mejoría del sistema investigado; d) con la alteración en las variables de entrada del modelo y el análisis de los resultados, son detectadas las más importantes y como ellas interactúan; e) en el ámbito pedagógico, puede verificar y reforzar el resultado de una solución analítica; f) puede ser usada de forma experimental para testar nuevas alternativas, antes de implementarlas, mostrando lo que puede suceder con la decisión de tomar una determinada acción; g) al simular diferentes capacidades pueden ser determinados nuevos requerimientos; h) permite el entrenamiento con bajo costo; y i) los complejos sistemas modernos inviabilizan soluciones analíticas y sus interacciones solamente pueden ser tratadas a través de la simulación.

2.5.2. CUANDO EL USO ES INAPROPIADO

De la misma manera que existen aspectos positivos y situaciones favorables para el uso de las simulaciones como forma de modelar un problema, ocurren casos en los que no es aconsejable que sea hecho el uso de esa alternativa de modelaje.

BANKS y GIBSON (1997) mostraron diez situaciones en las cuales el uso de esa metodología es desaconsejable.

Inicialmente es resaltado que la simulación no debe ser usada cuando el problema puede ser resuelto con buen sentido (o sentido común), pues de esa manera es economizado más tiempo y dinero en función de la simplicidad de la respuesta para el problema.

La simulación, también, debe ser evitada cuando el problema es pasible de solución analítica, pues esa es siempre preferible (WINSTON, 1996). y más cuando existe la real posibilidad de efectuarse experimentos directos en el sistema a ser analizado, sin la necesidad de ninguna abstracción o simplificación, como consecuencia del bajo grado de complejidad que posibilita la verificación de las alteraciones propuestas y sus efectos en tiempo real con cambios en el propio sistema.

Para realizar una simulación es fundamental disponer de recursos financieros y tiempo, pues sin dinero suficiente y plazo para la efectivación del estudio no es posible alcanzar los objetivos que fueron propuestos. Incluso sin esas restricciones, si los costos a ser incurridos en el estudio de simulación fueran superiores a los valores a ser ahorrados con él, no es indicado que el mismo sea hecho, dado que no es financieramente ventajoso.

Otro punto importante es que con el pasar de los años y el aumento de la complejidad de los sistemas existentes se hizo cada vez más necesario considerar un volumen elevado de datos. Así, la simulación se hace no viable en el caso de no poder ser disponibilizados esos datos sus estimados (obtenidos de una muestra de la población estudiada).

Un modelo de simulación que no pudiera ser adecuadamente verificado y validado tiene su credibilidad amenazada y compromete la calidad de los resultados obtenidos y consecuentemente, su análisis.

Las expectativas de los gerentes hacen parte de cualquier modelo de simulación por su fuerte relación con la definición del uso pretendido para el modelo, estos son sus objetivos. Siendo así, cuando las expectativas no son razonables o factibles, ellas llevan a objetivos despropositados que indican un uso inapropiado de la simulación debido a su influencia en los resultados.

Y, finalmente, cuando el grado de complejidad de un sistema es tal que inviabiliza una representación adecuada del comportamiento a través del uso de un modelo, no es aconsejable usar la simulación.

2.6. VENTAJAS

La utilización de modelos de simulación viene ganando cada vez más espacio como la mejor alternativa para la solución de problemas, inclusive en administración donde su utilización ha sido más frecuente en los procesos de toma de decisión.

Eso sólo fue posible por el apelo que tiene este tipo de solución, pues la simulación, conforme se ha visto antes, es una simplificación que muestra lo que sucede en el mundo real a través del análisis del comportamiento de sus principales variables. De ese modo esta permite comparar directamente sus salidas con valores que pueden ser obtenidos del sistema real en funcionamiento.

Así, en contraste con las soluciones de optimización, en las cuales se busca la mejor alternativa dentro de todas las posibles, simular es crear un modelo que se propone representar un comportamiento particular, utilizando para eso parámetros de entrada y características específicas que reflejen la naturaleza del sistema real, generando diferentes resultados para cada una de las situaciones (alternativas) propuestas.

Como en cualquier situación, presenta aspectos positivos y negativos que deben ser observados y considerados cuando de la realización de cualquier estudio de ese tipo se trata. Com el fin de reflejar ese aspecto PEGDEN, SHANNON y SADOWSKI (1995) relacionan las ventajas existentes para la realización de los estudios, destacando los siguientes puntos: a) nuevas políticas, procedimientos operacionales, flujo de informaciones, procedimientos organizacionales y otros aspectos pueden ser explorados sin que sea necesario romper con las operaciones que están “en curso” en el sistema real; b) pueden ser testadas nuevas alternativas de operar el sistema con bajo compromiso de recursos; c) pueden ser testadas hipótesis acerca del por qué y cómo ciertos fenómenos ocurren; d) la variable tiempo puede ser trabajada a lo largo del estudio para mejorar la comprensión sobre el fenómeno estudiado; e) Insights pueden ser obtenidos acerca de la interacción de las variables; f) Insights pueden ser obtenidos acerca de la importancia de las variables en la performance del sistema; g) la simulación ayuda a comprender como el sistema opera en vez de como los individuos piensan que opera; y h) cuestiones “what-if” son respondidas, auxiliando en el diseño de nuevos sistemas.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

La aplicación práctica muestra un modelo construido para simular los resultados a largo plazo del Área Internacional, para el segmento E&P, a partir de su cadena de valor. Basado en la idea de SHANK y GOVINDARAJAN (1997) que afirman ser ella la representación “del conjunto de actividades creadoras de valor desde las fuentes de materias – primas básicas, pasando por abastecedores de componentes, hasta el producto final entregado en las manos del consumidor”.

Conociendo, el funcionamiento de la industria es posible analizar los impactos que una determinada decisión estratégica tiene sobre los negocios de la compañía, verificando si ella al ser aplicada promoverá los resultados esperados o esos no serán suficientes para alcanzar las metas trazadas. O sea, con el uso de la cadena de valor, representado en un modelo de simulación, asociado a la estrategia de la empresa, el gestor pasa a tener una visión anticipada de los impactos que ocurrirán en los negocios en función de alguna selección realizada. Lo que mejora el proceso, pues como destacó SILVA y KOPITTKKE (2002) las estrategias solamente podrán ser analizadas si las empresas son capaces de conocer como es su proceso de agregación de valor. Lo que significa que ella debe saber como utilizar sus recursos de modo eficiente para alcanzar su objetivo de atender las expectativas de generación de valor del accionista.

Por tanto, a partir de la idea de cadena de valor, se optó por desarrollar un modelo de simulación para expresar los resultados de ese segmento, en una visión a largo plazo, representando adecuadamente los movimientos esperados para los resultados de los negocios en función de alteraciones en los valores de las principales variables y de los parámetros, consecuentes de los varios escenarios de precios para el petróleo, trazados por el área de estrategia de la compañía.

3.1. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Com el fin de construir el modelo fueron previamente definidos algunos puntos claves para el proceso, dentro de los cuales se destacan la definición del patrocinador, la formación del equipo de desarrollo, los usuarios finales, el cronograma y la herramienta (software) en la cual se realizaría el modelaje.

Fue decidido que el estudio sería patrocinado por el gerente de planeamiento del Área internacional y contaría con un equipo de siete personas, con tres miembros del propio grupo de planeamiento, más cuatro especialistas, siendo uno para cada segmento de negocio. Los usuarios finales definidos, formarán un grupo de seis personas pertenecientes a las áreas operacionales de la empresa, que estaban subordinadas a esos especialistas y poseían una estrecha relación con la gerencia de planeamiento, por estar involucradas en todos los procesos de generación de números para la proyección de resultados de la referida área.

En seguida fueron determinadas las actividades a ser desarrolladas y las respectivas fechas, pues el tiempo era limitado por el inicio del proceso de planeamiento estratégico de la compañía.

La selección de la herramienta fue la última y más difícil tarea, pues todo el esfuerzo de modelaje estaba asociado a esa decisión, además de ser ese el principal ítem de costo financiero de este trabajo.

En función de la restricción de recursos e incentivado por el argumento de que las planillas electrónicas son la mejor manera de reforzar la importancia y el poder de la simulación como herramienta de modelaje (HWRANG, 2001), se optó construir el modelo utilizando el programa microsoft Excel. una herramienta simple, de bajo costo, amigable a usuario y que permite a quien lo desenvuelve el máximo de flexibilidad y libertad para elaborar un modelo que representase adecuadamente los negocios. E, conforme destacó SELA (2001), esas planillas electrónicas son reconocidas como una forma bastante eficiente de realizar y ejecutar simulaciones.

3.1.2. DEFINICIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

El diseño del modelo conceptual trató de identificar los parámetros físicos y financieros pertenecientes al segmento estudiado, relacionándolos entre sí, a través del establecimiento de reglas de negocios que respetan las características de cada actividad y están asociadas a los conceptos de la contabilidad gerencial para generar las demostraciones financieras deseadas.

La estructura del modelo se completa con una selección de los Globals que sirven de base para la formación de los precios de venta y de los costos, estando asociados a los escenarios propuestos por la compañía. Resaltando que el área de estrategia de la empresa será la responsable por hacer ese trabajo de escenarización, ofreciendo la principal variable de entrada para la simulación que son los diversos precios del petróleo (Brent) en el mercado internacional.

3.1.3. MODELO COMPUTACIONAL

Con el modelo conceptual definido el paso siguiente correspondió a su implementación, en una planilla Excel, obedeciendo las reglas de negocios definidas en la referida etapa. De esa manera, usando las funcionalidades del programa, fue construida una estructura que representó correctamente el diseño establecido, a partir de la definición de las ecuaciones de relación (correspondiendo con los códigos de programación).

Es importante destacar que el modelo computacional, además de contener las ecuaciones que forman los resultados numéricos, presenta una salida gráfica que muestra los principales aspectos relacionados con la eficiencia, la lucratividad y la liquidez, auxiliando en la comprensión de los resultados y promoviendo una mayor identificación del usuario con el modelo.

3.1.4. MODELO E&P

Abajo está dispuesto el cuadro 2 que presenta las informaciones relativas a los parámetros físicos, financieros y a los precios de referencia (Globals), que componen la estructura básica de entrada de datos del modelo de negocios establecido para el segmento E&P.

Cuadro 1 – Parámetros Físicos y Financieros

PARÂMETROS FISICOS		PARÂMETROS FINANCEIROS	
Descrição	Medida	Descrição	Medida
Produção Oleo	bpd mil	Diferencial Brent	US\$/bbl
Produção Gás	scfd milhão	Fator A Gás	% s/ Brent
% Comercialização Oleo	% s/ Produção	Fator B Gás	US\$/scf mil
% Comercialização Gás	% s/ Produção	CTPP sem Royalty	US\$/boe Produzido
Reserva de Oleo	bbl mil	Lifting Cost	US\$/boe Produzido
Reserva de Gás	scf milhão	Depreciação	US\$/boe Produzido
Volume Apropriado Oleo	bbl mil	Participação Governamental	US\$/boe Produzido
Volume Apropriado Gás	scf milhão	% Overhead	% s/ ROB
Volume Descoberto Oleo	bbl mil	% Encargos s/ Vendas	% s/ ROB
Volume Descoberto Gás	scf milhão	% IR	% s/ Lucro Antes do IR
GLOBALS		Capex	US\$ MIL
		% Exploração	% s/ Capex
		% Sucesso	% s/ Exploração
		Captação Total	US\$ MIL
		Captação Terceiros L.P	% s/ Captação
		Captação Terceiros C.P	% s/ Captação
		Amortização Terceiros L.P	% s/ Captação
		Amortização Terceiros C.P	% s/ Captação
		(Pagt)/Rec Juros	US\$ MIL
		% Relacionamento c/ G&E	% s/ ROB
		% Relacionamento c/ Refino	% s/ ROB
		% Não Operacional	% s/ ROB
		Condições de Pagt Operac	Dias
		Condições de Receb. Operac	Dias
		Condições de Pagt. Invest.	Dias

3.2. RESULTADOS

Basado en un escenario definido por la estrategia de la empresa, son determinados diferentes parámetros físicos y financieros, los cuales representan las posibles situaciones a ser enfrentadas en el futuro y que pueden ser testadas, explicando los diferentes resultados.

Com el fin de ejemplificar los resultados de ese modelo existe un cuadro resumido de los resultados obtenidos para el EBITDA (Lucro antes de impuestos, intereses, tasas, depreciación y amortización) y para el ROCE (Retorno sobre el Capital Empleado) obtenidos para el segmento E&P, a partir de la definición de tres escenarios: a) Escenario Base, formado por el precio de referencia establecido para el Brent de 23,00 US\$ / barril de óleo equivalente (boe); b) Escenario 1, que llevó el precio para 16,00 US\$ / barril de óleo equivalente (boe); y c) Escenario 2, donde el precio trabajado

fue de 28,00 US\$ / barril de óleo equivalente (boe). De esa forma (en el cuadro 13) se observa el comportamiento del modelo de simulación en las situaciones de aumento y reducción en el precio del Brent y su impacto en los resultados esperados.

Cuadro 5 – Resultados de la Simulación

VARIABLE DE ENTRADA	Escenario 1		Escenario BASE		Escenario 2	
Precio BRENT (US\$ / Barril de Óleo Equivalente)	16		23		28	
SEGMENTOS	ROCE (%)	EBITDA (US\$ millon)	ROCE (%)	EBITDA (US\$ millon)	ROCE (%)	EBITDA (US\$ millon)
E&P	(1)	287	7	671	13	945

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio de simulación propuesto para el segmento E&P, del Área internacional de la Petrobras objetivó la construcción de un modelo, basado en la cadena de valor, para expresar el comportamiento de los resultados esperados, especialmente para el ROCE y el EBITDA, en función de la definición previa de escenarios, elaborados por la gerencia de estrategia, los cuales deben incluir diferentes niveles de precio para el crudo (considerando la referencia internacional – BRENT), mostrando la rentabilidad y la liquidez para cada una de las alternativas estudiadas y auxiliando a los gestores a escoger los rumbos a tomar para la empresa, dentro del proceso de construcción de la estrategia.

El uso de un modelo discreto, determinístico y estático permitió montar una adecuada representación del sistema real existente para el segmento de Exploración e Producción (E&P), en el cual fueron destacadas las variables más importantes y los parámetros que comandan el funcionamiento de las actividades de la industria e influyen directamente sus resultados. Permitiendo una mejor análisis de los efectos de las variaciones del precio en este segmento, indicando cual es la mejor acción para el negocio en cada una de las alternativas estudiadas. Así se puede elaborar un plan estratégico adecuado a los objetivos definidos por el consejo de administración de la empresa.

Es importante destacar que la realidad es variable y cambia a todo momento, así se reconoce que ese modelo necesita de constante acompañamiento y actualización, pues la realidad es dinámica y debe ser revista constantemente para reflejar de modo adecuado el comportamiento de los negocios. Quedando como recomendación para estudios posteriores, la alteración de la característica del modelo de simulación, que pasaría a asumir un comportamiento estocástico, con el cual se tiene una representación más aproximada del mundo real y sus resultados pasan a considerar un agrupamiento de posibilidades, para cada uno de los escenarios propuestos, y no apenas un valor específico para cada precio definido para el Brent, mejorando el trabajo de planificación y proviendo a los gerentes una herramienta de gestión que los ayuda a analizar mejor las incertidumbres del futuro para sus negocios.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANKS, J. et al. **Discrete – Event System Simulation**. 3. ed. New Jersey: Prentice - Hall, 2001.

BANKS J. ; R. R. GIBSON. **Don't Simulate When : 10 rules for determining when simulatio is not appropriate**. IIE Solutions. Setembro, 1997.

CHECCHINATO, Daniela. **modelagem de problemas logísticos bajo el enfoque de Sistemas Dinámicos : el caso del juego de la cerveza**. 2002. Disertación de maestrado en engeñaria de producción y sistemas – Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis

FISHWICK, Paul. **Computener Simulation : The Art and Science of Digital World Construction**. Disponible em: < www.cis.ufl.edu/~fishwick/introsim/paper.html>. Aceso em: março, 2004.

GAONA, Hugo B. M. **el uso de la simulación para avaliar cambios organizacionales en la produção**. 1995. Disertación de maestrado en engeñaria de producción y sistemas – Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis.

HEJDEN, Kees van der. **escenarios– la Arte de la Conversación Estratégica**. Porto Alegre : Bookman, 2004.

HWARNG, B. H. **la Modern Simulation Course for Busines**. Interfaces, Vol. 31, n. 3, p. 66-75, mai/jun 2001.

KNEPELL, Petener L.; ARANGNO, Deborah C. **Simulation Validation – la Confidence Asesment Methodology**. Califórnia: IEEE Computener Society Pres, 1993.

KOPITTKKE, Bruno Hartmut ; FILHO, Nelson Casarotto. **análisis de Investimiento : Matemática financiera, Engeñaria Econômica, toma de Decisão, Estratégia Empresarial**. 8 ed. son Paulo : Atlas, 1998.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling and Analysis**, 2. ed. nueva York: MacGraw-Hill, 1991.

MARTINELLI, D. P. **la utilización de jogos de empresas no ensino de administração**. 1987. Disertación de maestrado en Administración – Programa de Pós-Graduación en Administración, FEA/USP, son Paulo.

MORRIS, W. T. **On the Art of Modeling**. Management Science. Vol.13, n. 12, p. 707-717, 1967.

NAYLOR, T.H. **Computener Simulation experiments with Economic Systems**. New York: John Wiley, 1971.

PEGDEN, C. D. ; SHANNON, R. E. ; SADOWSKI, R. P. **Introduction to simulation uing SIMAN**. 2 ed. New York : MacGraw – Hill, 1995.

PIDD, M.; CASEL, R. A. **Three phase simulation in Java**. In: Wintener Simulation Conference, 30, 1998, Washington, D.C. **Proceedings**. Washington, D.C.: [s.n.], 1998.

PRITSKER, A. A. B. **Principles of Simulation Modeling**. In : BANKS, Jerry. : **Handbook of simulation**. New York: John Wiley, 1998.

PRITSKER, A. A. B. **Introduction to Simulation and SLAN II**. 4 ed. New York : John Wiley, 1995.

REBSTEN, David J. ; CHUSIL, Mark J. **primero la lición, depues el teste : usando simulaciones para analizar y desenvolver estratégias competitivas**. In : DAY, George S. ; **la dinámica de la estratégia competitiva**. Rio de Janero : Campus, 1999.

SANTOS, Edmilson Moutiño dos. **Petróleo – Cuadro Estratégico Global no início del Século XXI**. Política Eterna, son Paulo, vol. 12, n. 1, p. 95 – 115, jun/jul/ago 2003.

SCHMIDT, J.W.; TAYLOR, R.E., **Simulation and Analysis of Industrial Systems**. Homewood: Richard R. Irwin Inc, 1970.

SELA, Andrew F. **Spreadsheet Simulation**. In: Wintener Simulation Conference, 33., 2001, Arlington, Virginia. **Proceedings**. Arlington, Virginia: [s.n.], 2001.

SHANK, J.K.; GOVINDARAJAN, V. la **Revolución de los costos : como renventar y redefinir su estrategia de costos para vncer en mercados crescentemente competitivos**. 2 ed. Rio de Janero : Campus, 1997.

SHANNON, Robert E. **Systems Simulation – The Art and Science**. New Jersey : Prentice – Hall, 1975.

SILVA, L. C. ; KOPITTKE, B. H. **Simulaciones y escenariosla partir de la cadena de valor : una aplicación en la industria de celulose**. Revista de la FAE, Cuitiba, Vol. 5, n. 1, p. 43-59, jan/abr 2002.

WINSTON, Wayne L. **Simulation Modeling using @Risk**. Indiana : Dujburry Pres, 1996.