



Uso del modelo MGB-IPH en la predicción de caudales en Itaipu

Vieira Lisboa, A. M.¹; Gomes, V. T., G.¹; Quevedo, A. J. M.¹; Zaicovski, M. B.¹;

Villanueva, A. T. M. I.¹; Fan, F. M.²; Collischonn, W.²

Itaipu Binacional¹; Universidade Federal do Rio Grande do Sul²

Brasil; Paraguay

RESUMEN

El objetivo fue desarrollar un sistema computacional de previsión de caudales para apoyo a la supervisión, programación y planeamiento de la operación energética, en intervalo de tiempo horario, llamado Sistema MGB-IPH, basado en modelos hidrológicos de tipo Precipitación-Caudal distribuido MGB e Hidrodinámico IPH integrados al software libre de geo procesamiento MapWindow SIG. El sistema fue diseñado para calcular el caudal de afluentes a Itaipu y aguas abajo, prevista para los próximos 10 días. Modelos de Precipitación-Caudal e Hidrodinámicos son herramientas matemáticas computacionales que la ciencia ha desarrollado para representar el comportamiento de las cuencas hidrográficas, con el objetivo de un mejor entendimiento y representación de la parte natural compleja de los fenómenos del ciclo hidrológico como la precipitación, evaporación, infiltración y el caudal en los ríos. Los modelos lluvia-caudal calculan el flujo de una cuenca hidrográfica desde la precipitación observada y prevista, mientras que los modelos hidrodinámicos propagan estos flujos calculados a lo largo de los ríos y canales. Esta etapa del proyecto consistió en la prueba del sistema de previsión con un conjunto de datos hidrológicos del pasado, buscando generar previsiones de algunos eventos seleccionados de interés. A partir de las pruebas de previsión de crecidas de los eventos analizados, se observó que, en general, el modelo tiene un rendimiento aceptable para las previsiones de afluencias derivados de la cuenca incremental en horizontes de hasta 24 horas con lluvia nula en el horizonte de previsión. Utilizando lluvia prevista del ETA15km los volúmenes previstos quedan más acertados a lo largo del horizonte de previsión. Sobre los test en periodos que no son de crecidas, el modelo demostró que mismo con lluvia nula las previsiones son próximas de las observaciones para horizontes se 48 horas.

PALABRAS CLAVES

Hidrología, Predicción de caudales, Modelo hidrológico, Modelo hidrodinámico

1. OBJETIVO

Fue desarrollado un sistema computacional de previsión de caudales para apoyo a la supervisión, programación y planeamiento de la operación energética de Itaipu, en intervalo de tiempo horario, llamado Sistema MGB-IPH, basado en modelos hidrológicos de tipo Precipitación-Caudal distribuido MGB e Hidrodinámico IPH integrados al software libre de geo procesamiento MapWindow SIG [1]. El objetivo de esta etapa del proyecto consistió en la prueba del sistema de previsión con un conjunto de datos hidrológicos del pasado, de algunos eventos seleccionados de interés, buscando generar previsiones de caudales para el embalse de Itaipu y ríos Ivaí (puesto Novo Porto Taquara – NPT) y Piquiri (puesto Balsa Santa María – BSM).

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de interés en estudio corresponde a la cuenca incremental definida por los tramos de río que se extienden desde las centrales hidroeléctricas de Porto Primavera y Rosana hasta Itaipu, incluyendo la cuenca del río Iguazú. Los datos de entrada al sistema son los caudales defluentes de Primavera y Rosana y las precipitaciones en la cuenca incremental. La Figura 1 presenta la ubicación de la zona de interés del proyecto y los puestos.

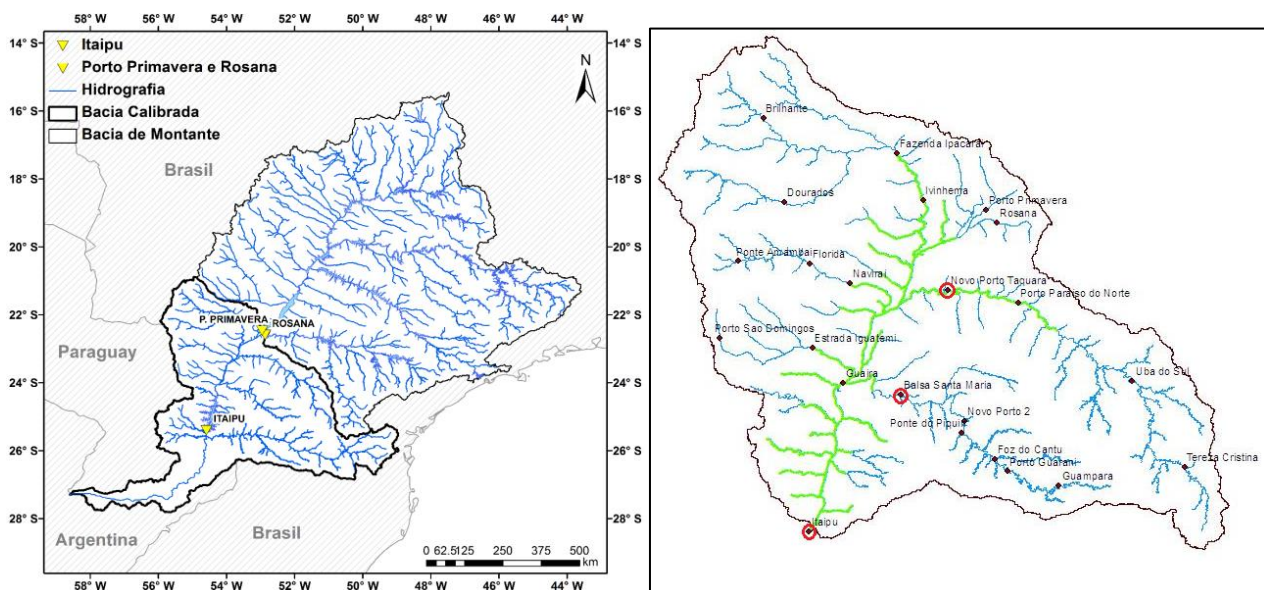


Figura 1: Localización de la cuenca del río Paraná, en especial el área de interés del proyecto, y los puestos.

3. TEST DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE PREVISIÓN

Se buscó seleccionar eventos en que la cuenca incremental fue la principal causadora de las crecidas afluentes a Itaipu [2], ya que esta región es el principal interés del sistema de previsión de caudal, ya que los caudales en Porto Primavera y Rosana son controlados por las defluencias de las respectivas usinas. Con base en este análisis de caudales defluentes y afluentes, se define como el periodo de prueba para el sistema de previsión de las dos inundaciones de Junio/2013 y Junio/2014.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

Las previsiones fueron tomadas usando el sistema de previsión en diferentes anterioridades para los eventos de prueba utilizando lluvia nula en el horizonte de previsión (igual a cero). Es decir, como si no hubiera datos de previsiones de lluvias para los eventos dentro del horizonte de previsión.

Para el evento de Junio/2014 las previsiones de lluvia del modelo ETA15km, disponibilizados por el CPTEC, estaban disponibles en el banco de datos de RHAMA. Así, también se utilizaron previsiones retroactivas para el evento de Junio/2014 usando previsiones de lluvia del modelo ETA15. Finalmente, además de los resultados de salida directa del modelo, se evaluó también la posibilidad de utilizar un modelo de corrección de salida Auto Regresivo (AR) para ajustar previsiones afluentes de Itaipu [3], ya que no es realizada la asimilación de los datos en esta información.

4. TEST PARA EL EVENTO JUNIO/2013 Y JUNIO/2014 CON LLUVIA NULA EN EL HORIZONTE DE PREVISIÓN

En la Figura 3 hasta la Figura 8 se presentan las previsiones para el evento Junio/2013 y Junio/2014 en las estaciones Novo Porto Taquara (NPT), y Balsa Santa María (BSM). Las predicciones se muestran en cuatro días.

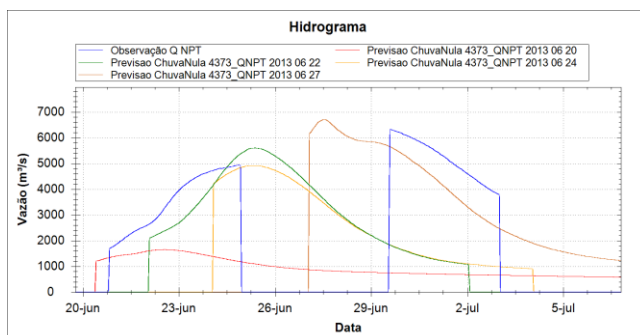


Figura 5. Prev. para NPT del evento de Jun/2013.

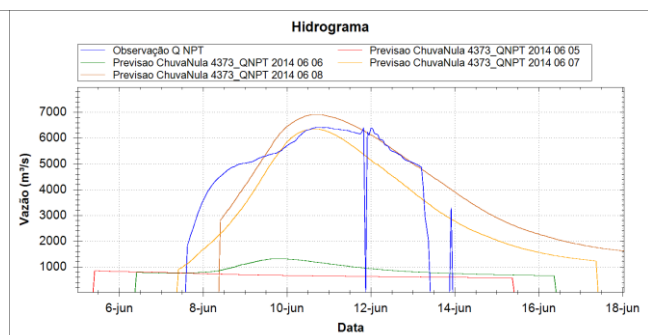


Figura 6. Prev. para NPT del evento de Junio/2014.

En relación a NPT, para Junio de 2013 las observaciones poseen muchas fallas. Pero, en general, las predicciones siguen la forma de las observaciones, especialmente en las primeras horas de la previsión, cuando el hecho de la lluvia nula no afecta tanto al rendimiento. Para Junio de 2014, las observaciones de las primeras previsiones (5.6 y 6.6) poseen fallas. Sin embargo, en las previsiones iniciadas en 07/06 y 08/06, las predicciones hechas acompañan bien el formato de las observaciones, especialmente en la captura del pico de crecida.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

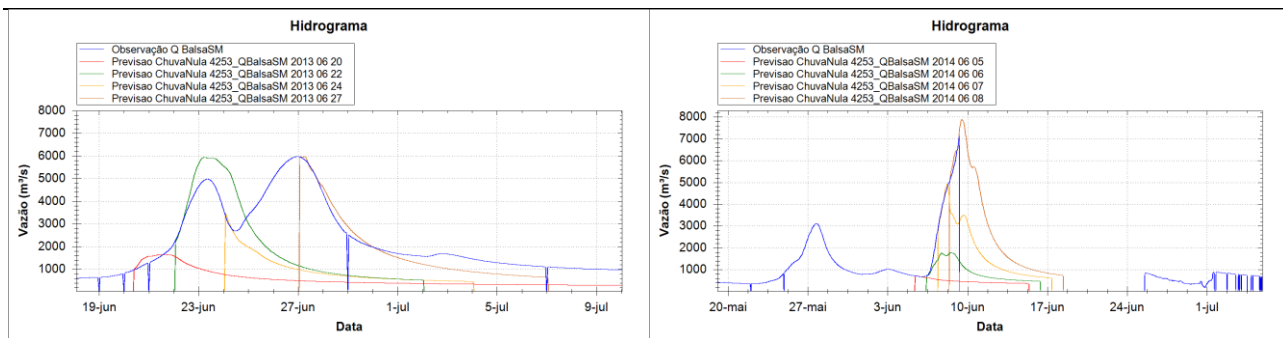


Figura 7. Prev. para BSM del evento de Jun/2013. Figura 8. Prev. para BSM del evento de Jun/2014.

En las previsiones BSM de Junio de 2013, se puede notar que las previsiones con lluvia nula en general acompañan bien las observaciones hasta 24 horas después de la emisión de la previsión.

Posteriormente, debido al hecho de haber utilizado la lluvia nula en el horizonte, el desempeño no es tan apropiado. Destacase aún, que en el periodo de recesión, sin lluvia, de la previsión hecha en el día 27/06 para BSM las previsiones con lluvia nula son bastante apropiadas a lo largo de muchas precedentes. En Junio de 2014 las previsiones de BSM, con lluvia nula en general acompañan bien las observaciones hasta 48 horas después de la emisión de la previsión. A continuación, debido a que se utilizó la lluvia nula en el horizonte, el desempeño no es tan adecuado. La subida de la crecida fue bien notada en las previsiones de 07/06 y 08/06.

En las Figuras 9 y 10 son presentadas, respectivamente, previsiones para el evento de Junio/2013 y Junio/2014 de afluencias a Itaipu.

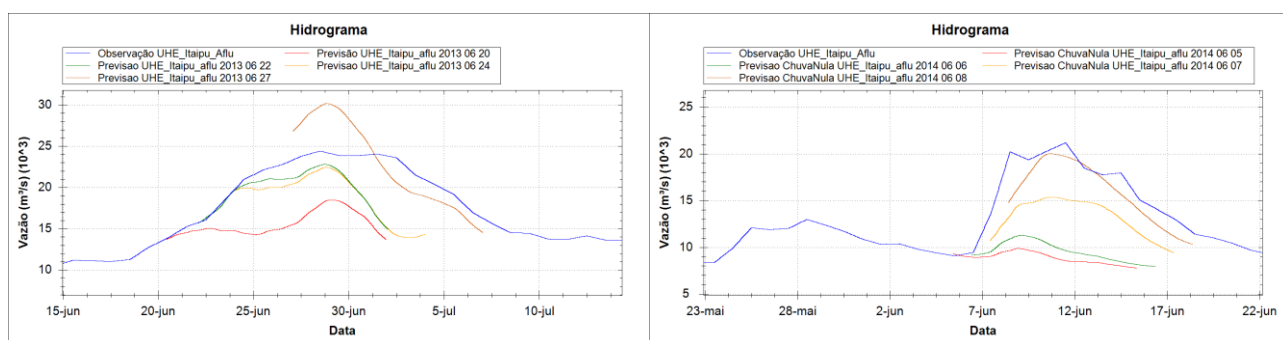


Figura 9. Prev. para Itaipu del evento de Jun/2013. Figura 10. Prev. para Itaipu del evento de Jun/2014.

En las previsiones para Itaipu Afluente en los días 20, 22, y 24 de Junio de 2013 y en los días 05 y 06 de Junio de 2014 el desempeño de las previsiones con precipitación nula estaba cerca de las observaciones en las primeras 24 horas de la previsión. Más allá de este horizonte los caudales afluentes fueron los más afectados por la falta de lluvia prevista. Para la previsión del día 27 de Junio de 2013 y dos días, 07 y 8 de Junio de 2014, los resultados de las previsiones indican un aumento en el caudal, que no se observó en realidad con tal intensidad. Considerando que el modelo fue calibrado para la cuenca, se cree que las posibles causas de esta diferencia serían:

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

- Observaciones son datos diarios que se han transformado en horarios, así que pueden no representar adecuadamente la realidad;
- La lluvia observada pudo no haber sido captada adecuadamente para el evento.

De todos modos, es posible mejorar un poco las previsiones, especialmente cuando se trata de una inicialización más aproximada de las observaciones, con la aplicación del modelo AR1. Los resultados de la aplicación del modelo AR1 para pronosticar el evento Junio/2013 y Junio/2014 se muestran en las Figuras 11 y 12, respectivamente.

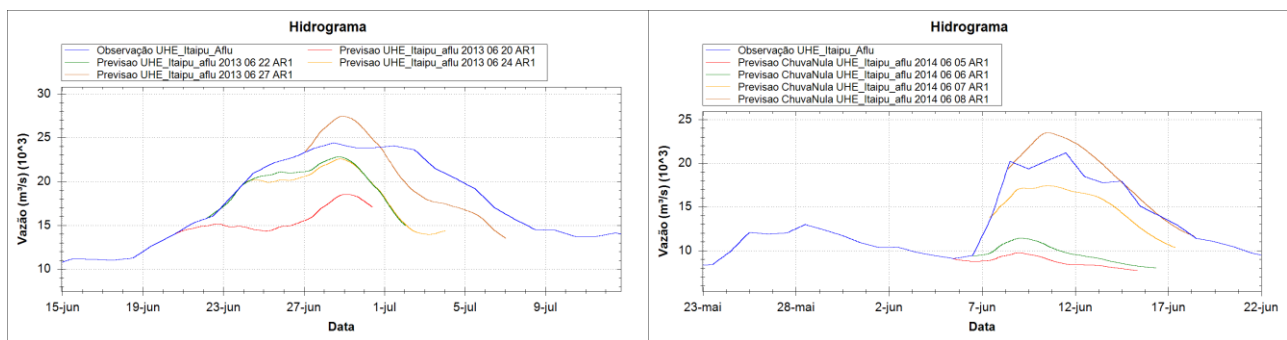


Figura 11. Prev. para Itaipu del evento de Jun/2013. Figura 12. Prev. para Itaipu del evento de Jun/2014.

Las previsiones con la aplicación del modelo AR1 sugieren que para los pronósticos de afluencia a Itaipu en los días 20, 22, y 24 de Junio de 2013, con lluvia nula fueron muy próximos a las observaciones en las primeras 24 horas, así como lo verificado sin aplicar el modelo AR1. En cuanto para la previsión del día 27 de Junio 2013 se observa una mejora en relación con el inicio del pronóstico, que es más próximo de la observación. Y en relación a los volúmenes de previsión, donde a pesar del pico previsto de crecida ser un poco mayor que lo observado, el volumen del agua previsto es similar al observado integrando todos los días de previsión hasta el día 03 de Junio de 2013. En las previsiones para Junio de 2014 con el modelo AR1 se puede observar una mejoría en la inicialización de las previsiones. En general el AR1 es benéfico para el desempeño. Todavía, para la previsión del día 08 de Junio de 2014, esto también causó un poco de exceso de volumen en el pico de caudal previsto.

5. TEST PARA EL EVENTO DE JUNIO/2014 CON LLUVIA DE ETA15KM EN EL HORIZONTE DE PREVISIÓN

En la Figura 13 a la Figura 15 se presentan las previsiones utilizando el modelo ETA15km en el horizonte de pronóstico para el evento Junio/2014 en las estaciones de Novo Porto Taquara y Balsa Santa María. Las previsiones realizadas se muestran en cuatro días: 05/06 (línea roja), 06/06 (línea verde), 07/06 (línea amarilla) y 08/06 (línea marrón).

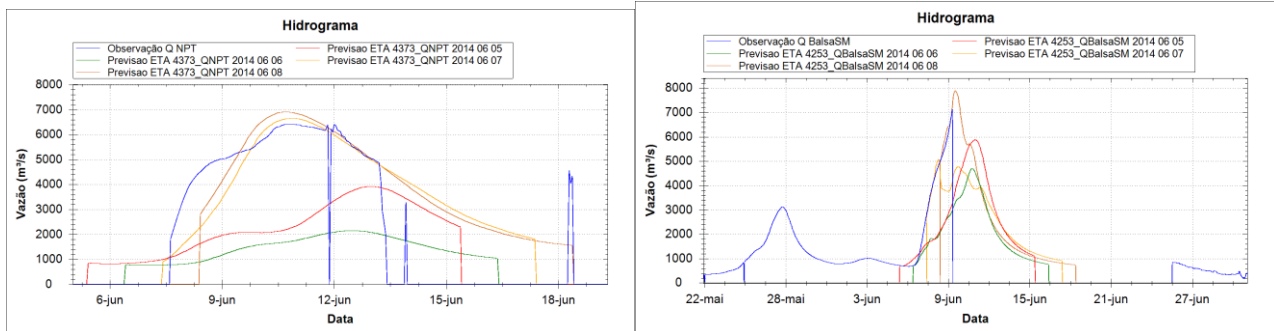
XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

Figura 13. Prev. para NPT del evento de Jun/2014. Figura 14. Prev. para BSM del evento de Jun/2014.

En cuanto a NPT, con el uso de ETA15km las previsiones de los picos en la estación fueron un poco más adecuadas de que usando lluvia nula, especialmente para las previsiones de los días 07/06 y 08/06. En las previsiones de BSM el uso de las previsiones del ETA15km se tradujo en una mejoría general para todas las previsiones, especialmente en las previsiones de los días 05/06 y 06/06, aumentando las antecedencias y las previsiones son más coherentes con las observaciones. En la Figura 16 son presentadas previsiones para el evento de Junio/2014 de afluencias a Itaipu. Son mostradas previsiones realizadas en cuatro días: 05/06 (línea roja), 06/06 (línea verde), 07/06 (línea amarilla) y 08/06 (línea marrón).

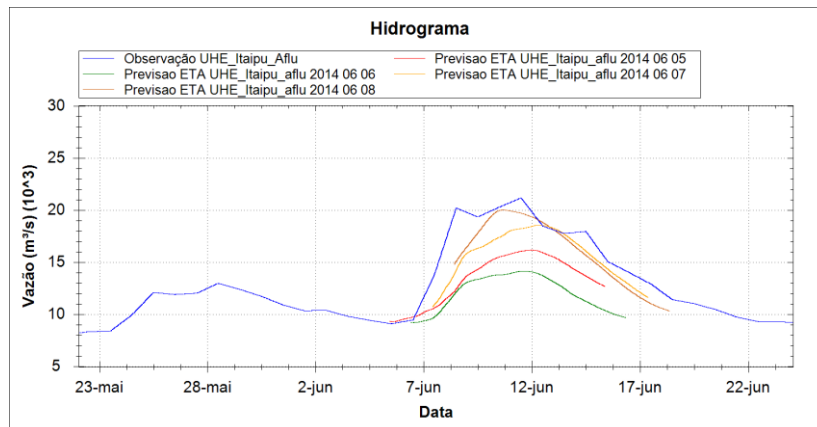


Figura 15. Previsiones para Itaipu del evento de Junio/2014 usando modelo ETA15km.

En las previsiones para Itaipu afluente utilizando el modelo ETA15km la gran mejora se ha verificado en relación a las previsiones usando lluvia nula en el horizonte de previsión es que los volúmenes previstos en todas las previsiones hechas fueron más próximas a los observados. Para las previsiones del día 07/06 y 08/06 existe el desplegamiento del inicio de la previsión y de la previsión. Este puede ser corregido con el modelo AR1, cuyos resultados son observados en la Figura 17. Especialmente para la previsión del día 07/06 los resultados corregidos con el modelo AR1 quedan muy buenos, con el acompañamiento de caudal observado por lo previsto durante todo el horizonte de previsión. Así, en estas previsiones con el modelo AR1 nuevamente se puede observar una mejoría en la inicialización de las previsiones, y en general el AR1 es benéfico para el

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

desempeño. Todavía, para la previsión del día 08/06 él también causó un poco de exceso de volumen en el pico de caudal previsto.

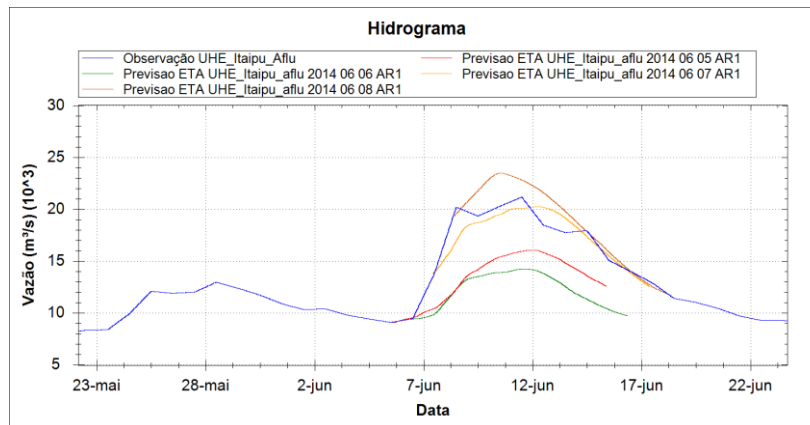


Figura 16. Previsiones para Itaipu del evento de Junio/2014 con lluvia prevista de ETA15km y modelo AR1.

6. CONCLUSIÓN FINAL SOBRE LOS TEST DE LAS PREVISIONES

A partir de las pruebas de previsión de crecidas de los eventos analizados se observó que, en general, el modelo tiene un rendimiento aceptable para las previsiones de afluencias derivadas de la cuenca incremental en horizontes de hasta 24 horas con lluvia nula en el horizonte de previsión. Utilizando lluvia prevista del ETA15km los volúmenes previstos quedan más acertados a lo largo del horizonte de previsión. Durante las pruebas se encontró que el desplazamiento entre el inicio de las previsiones de afluencias puede ser un factor limitante en el uso de los resultados. Y una de las grandes causas de esto puede ser la escasa certeza en la interpolación de las observaciones diarias para frecuencia horaria. Una opción utilizada para aproximar la inicialización de las previsiones con las observaciones fue el uso del modelo AR1. En estos resultados se notó que el modelo AR1 mejoro la inicialización de las previsiones, dejando los valores observados-previstos más próximos en todos los casos. Todavía, en algunos casos también causo un pequeño aumento en los picos previstos en mayores plazos. Sobre los test en periodos que no son de crecidas, el modelo demostró que mismo con lluvia nula las previsiones son próximas de las observaciones para horizontes se 48 horas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] W. Collischonn; D. G. Allasia; B. C. Silva; C. E. M. Tucci. "The MGB-IPH model for large-scale rainfall-runoff modeling", in Hydrological Sciences Journal, v. 52, p. 878-895. 2007.
- [2] W. Collischonn; C. E. M. Tucci. "Simulação hidrológica de grandes bacias", in Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n. 2. 2001.
- [3] F. M. Fan; A. Meller ;W. Collischonn. "Incorporação de filtro numérico de separação de escoamento na assimilação de dados para previsão de vazões utilizando modelagem hidrológica", in Revista Brasileira de Recursos Hídricos. 2015.